



E/CONF.39/A/129

17 Oct.1962

ORIGINAL : FRANCAIS

**CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES**

Point de l'ordre du jour : A.4.3.2

Italie

**LES FACTEURS DETERMINANTS
DE L'EVOLUTION DE L'ENERGIE NUCLEAIRE
DANS LES REGIONS PEU DEVELOPPEES**

Par le Professeur Arnaldo M. ANGELINI,
Professeur à l'Université de Rome,
Membre de la Commission exécutive du Comité national
de l'Energie nucléaire

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.
2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.
3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.
4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

LES FACTEURS DETERMINANTS DE L'EVOLUTION DE
L'ENERGIE NUCLEAIRE DANS LES REGIONS PEU DE-
VELOPPEES.

par le Professeur Arnaldo M. ANGELINI, professeur à l'Université de Rome,
membre de la Commission exécutive du Comité national de l'Energie nucléaire
INTRODUCTION

Il est tout à fait naturel que l'apparition et le développement rapide d'une nouvelle source telle que l'énergie nucléaire aient déterminé de grands espoirs en ce qui concerne l'approvisionnement en énergie des régions sous-développées.

Ces espoirs, alimentés par les progrès incessants de la technique nucléaire, ont influencé parfois dans la direction d'un optimisme exagéré les évaluations qui, à plusieurs reprises, ont été effectuées à propos du concours de l'énergie nucléaire à l'industrialisation de ces régions.

Le but de ce rapport est celui de donner un bref aperçu des conditions qui doivent se vérifier pour que l'énergie nucléaire puisse contribuer, d'une façon efficace et à des conditions compétitives avec les autres sources, à l'évolution des aires sous-développées.

Il est utile de considérer deux cas possibles:

- 1) l'aire sous-développée représente une partie plus ou moins grande du territoire d'un Pays qui, par ailleurs, présente une industrialisation avancée;
- 2) l'aire en question s'étend à tout le territoire du Pays considéré.

Il est en outre nécessaire de distinguer en quelque sorte entre deux types de sous-développement, le premier concernant le cas où il n'existe aucune manifestation industrielle dans le sens qu'on attribue aujourd'hui à cette expression, et le deuxième se rapportant au cas où le développement industriel a atteint des proportions relativement modestes par rapport à la situation moyenne de l'Europe.

Il est malheureusement impossible d'exprimer ces distinctions au moyen de chiffres.

1) LES BESOINS EN ENERGIE ELECTRIQUE DANS LES REGIONS PEU DEVELOPPEES

Dans une région où le développement industriel est tout au début, les besoins d'énergie électrique sont presque nuls au départ de son évolution et se développent ensuite avec une densité superficielle souvent très irrégulière, influencée surtout par la distribution de la population.

Dans ce stade de développement, dont la durée bien difficilement pourra être inférieure à une dizaine d'années, l'énergie nucléaire ne peut être prise en considération pour des raisons élémentaires qui, d'ailleurs, apparaîtront évidentes dans la suite.

Un Pays dans lequel le développement industriel a atteint un stade bien inférieur à celui moyen - dans le sens qui a été précisé dans l'introduction - présente une consommation spécifique (par habitant et par an), généralement inférieure à la moitié de la valeur actuelle européenne. Il va de soi que cette distinction a une valeur purement indicative.

Le besoin annuel d'énergie dépend naturellement de l'étendue du territoire, de sa population et d'autres facteurs, parmi lesquels est particulièrement importante la nature des applications industrielles plus développées.

En tout cas, pour qu'on puisse parler d'adoption économique de la source nucléaire, la consommation d'énergie doit atteindre quelques milliards de kWh par an pour les raisons qui seront précisées dans la suite.

Mais ce qui est particulièrement important est la valeur maxima et minima de la puissance et leur rapport. D'une façon générale, les éléments fondamentaux qui intéressent le plus en ce qui concerne notre étude sont représentés essentiellement par la valeur maxima de la puissance nécessaire pour satisfaire le besoin maximum de pointe au cours de l'année et l'"utilisation" de cette puissance définie par le nombre de kWh consommés globalement par kW de pointe. *)

Il est d'autre part indispensable de préciser que la définition rappelée est significative à la condition que les centres de production et les centres de consommation d'énergie sont interconnectés entre eux de façon telle à permettre tout échange d'énergie. Si ce n'est pas le cas, ce qui précède se rapporte au réseau interconnecté plus étendu du pays.

*) - On obtient le chiffre qui représente l'"utilisation" en divisant la consommation annuelle exprimée en kWh par la pointe de puissance exprimée en kW. Ce chiffre, qui a les dimensions du temps et peut s'exprimer en heures, est souvent dénommé par le terme "durée d'utilisation".

Cette considération nous conduit à examiner la situation d'un pays qui comprend des aires sous-développées de façon différente suivant que ces aires sont interconnectées ou non avec le reste du pays. Dans la plupart des cas l'interconnexion existe, mais il arrive parfois que cette condition n'est pas satisfait: c'est souvent le cas des îles, telles que la Sicile avant la construction de la traversée du détroit de Messine et la Sardaigne (pour laquelle d'ailleurs une connexion par câble sous-marin avec la péninsule italienne est prévue dans le délai de deux ou trois ans).

Revenant à la définition précédente, il est évidemment impossible de donner des critères qui permettent d'évaluer à priori l' "utilisation" caractéristique du besoin d'énergie d'un pays ou d'une région: un examen de détail est en effet nécessaire pour chaque cas particulier. Toutefois, puisque cette relation, faute d'espace et de temps, ne peut que se limiter à des conclusions orientatives et de caractère général, il suffira de constater que le nombre de kWh par kW de pointe, c. à d. l' "utilisation" caractéristique d'une région varie relativement peu d'un cas à l'autre autour de la valeur de 3000 kWh de consommation annuelle par kW de pointe. Ce chiffre descend à 2500 kWh/kW et même moins dans les régions à développement industriel très limité et augmente jusqu'à 4000 kWh/kW dans les régions à l'industrialisation poussée. Cette sorte de dépendance - qui, bien entendu, n'a rien d'absolu! - entre "utilisation" de la puissance et niveau de développement industriel, comme nous le verrons bientôt, a une remarquable influence sur les conclusions auxquelles nous parviendrons.

D'une façon générale, et sans exclure la possibilité d'exceptions, nous pouvons affirmer que au fur et à mesure que l'industrialisation progresse la consommation d'énergie et son "utilisation" augmentent.

Le taux d'augmentation du besoin d'énergie est très variable d'un cas à l'autre dans les régions sous-développées et manifeste une tendance assez marquée à se stabiliser autour de l'allure définie par la loi d'Ailleret qui prévoit le redoublement en dix années, qui correspond à une augmentation de 7% par an.

Au début du développement industriel d'une région sous-développée le taux d'augmentation du besoin d'énergie est inférieur à celui donné par la loi d'Ailleret si l'industrialisation n'est pas en quelque sorte stimulée par des dispositions gouvernementales et des facilitations: il est bien supérieur dans le cas contraire. A titre d'exemple il vaut peut être la peine de rappeler qu'à la suite des dispositions du gouvernement italien, qui a favorisé l'industrialisation du midi de l'Italie par un effort financier remarquable, (administré par la "caisse du midi"), la consommation est

augmentée avec un taux qui a atteint le 16%. *)

A ce point de vue, chaque Pays présente une physionomie propre et toute particulière qu'il est absolument impossible de classer dans un cadre général.

2) CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES DE LA PRODUCTION D'ENERGIE PAR LES CENTRALES NUCLEAIRES.

La variabilité des conditions et les incertitudes caractéristiques de la matière qui forme l'objet de ce rapport sont telles que il serait tout à fait inutile de procéder ici à un examen détaillé des éléments qui caractérisent au point de vue économique la production de l'énergie nucléaire. Il est donc suffisant d'appuyer nos considérations aux deux termes essentiels de l'expression binôme du coût de l'énergie produite par les centrales thermiques traditionnelles et nucléaires.

Le premier terme, dénommé "terme fixe", représente la dépense annuelle fixe totale (y compris intérêt, amortissement, etc.) par kW de puissance installée, dans la centrale, et le deuxième, dénommé "terme proportionnel", représente la dépense (essentiellement destinée à l'approvisionnement du combustible) par kWh produit.

Les deux termes ont une valeur qui est fortement influencée par la nature et la puissance du moteur thermique de même que par le type de combustible utilisé.

Une comparaison de ces termes suivant le type d'installation, le combustible employé et la puissance, serait très intéressante mais ne peut pas rentrer dans les limites imposées à ce rapport. Nous devons donc nous borner à quelques conclusions relatives surtout aux générateurs alimentés par combustible nucléaire.

Le coût de l'énergie obtenue par les centrales thermiques nucléaires est encore à l'état actuel sensiblement supérieur partout au coût de l'énergie traditionnelle.

La différence entre le coût de l'énergie nucléaire et de l'énergie traditionnelle, est minime pour les installations de grande puissance (il va de soi qu'on compare deux installations - nucléaires et traditionnelles - de même puissance) et pour "l'utilisation" maxima de la puissance; en effet, la diminution des frais annuels fixes par kW installé avec l'augmentation de la puissance est plus sensible pour les centrales nucléaires que pour les centrales traditionnelles, D'ailleurs on sait bien que

*) Ce chiffre se rapporte au midi de la péninsule italienne, à la Sicile et la Sardaigne prises dans leur ensemble.

pour les centrales de grande puissance (au-delà de 100 ou 200 mille kW) les frais fixes s'élèvent aujourd'hui à trois fois environ les frais relatifs aux installations traditionnelles de même puissance. Et puisqu'on espère que le coût proportionnel de l'énergie nucléaire puisse descendre bientôt sensiblement au-dessous du coût proportionnel de la production thermique traditionnelle, on voit de suite l'intérêt qu'on a à exploiter les centrales nucléaires pour des utilisations aussi élevées que possible pour "diluer", pour ainsi dire, les frais fixes par kW dans le nombre maximum de kWh.

Si l'on peut considérer bien fondé l'espoir de voir descendre le coût de l'énergie nucléaire au-dessous du coût de l'énergie traditionnelle pour les grandes puissances et pour des utilisations sensiblement élevées (par exemple au-delà de 5000 kWh par kW), il est bien difficile que l'énergie nucléaire puisse devenir compétitive avec l'énergie traditionnelle pour des puissances unitaires de l'ordre de quelques milliers, ou même de quelques dizaines de milliers de kW et pour des utilisations relativement modestes : par exemple 3000 kWh par kW. Cela ne veut pas dire naturellement qu'un jour ou l'autre, dans le futur, les progrès de la technique ne permettront d'atteindre la compétitivité de l'énergie nucléaire même pour ces conditions défavorables, mais aucune prévision ne peut être avancée aujourd'hui à ce sujet.

Les considérations précédentes se rapportent essentiellement à la comparaison économique entre la production de deux unités traditionnelle et nucléaire.

Dans le cas d'un système de plusieurs centrales nous devons considérer la nécessité d'installer une réserve de puissance dont la valeur soit au moins égale à la puissance de la plus grande unité connectée avec le réseau. On doit, en effet, prévoir des périodes d'arrêt qui, dans le cas des unités nucléaires, sont rendues nécessaires non seulement pour des travaux d'entretien, mais aussi bien dans la plupart des cas pour le remplacement de la charge de combustible. *) Or, par sa nature, même l'"utilisation" de la réserve de puissance ne peut être que très modeste, ce qui conduit à exclure qu'elle puisse être réalisée par unités nucléaires.

Nous pouvons conclure que suivant des prévisions bien fondées, au cours de cette décade le coût de l'énergie nucléaire atteindra les limites compétitives pour les grandes unités destinées à "remplir" la base des diagrammes de charge, qui est caractérisée par une "utilisation" élevée.

A cette conclusion, qui est d'ailleurs bien connue, il faut ajouter une remarque sur laquelle nous nous permettons d'attirer l'attention : occuper la base du diagramme de charge avec la production nu-

*) Pour certaines installations en projet on a prévu le rechargement du combustible nucléaire avec la centrale en service.

claire, signifie réduire l' "utilisation" de la partie résiduelle du diagramme même : cette réduction, qui est bien loin d'être négligeable, entraîne nécessairement une augmentation du coût de l'énergie traditionnelle par laquelle on satisfait les besoins résiduels. Or, il est évident qu'on ne peut négliger ce fait quand on évalue les conséquences économiques du concours de l'énergie nucléaire à la satisfaction des besoins d'un Pays ou d'une région. Cette influence est d'autant plus grande que l'occupation de la base du diagramme par l'énergie nucléaire est plus marquée. *)

Il est encore à considérer le cas où le pays ou la région que l'on considère peut satisfaire, à des conditions économiques favorables, une partie remarquable de ses besoins énergétiques par des centrales hydroélectriques.

Dans ces conditions la production thermique (traditionnelle et nucléaire si c'est le cas) est destinée à satisfaire la différence entre le besoin et la production hydraulique qu'on a intérêt à utiliser jusqu'au dernier kWh. Or, il arrive bien souvent que cette différence est caractérisée par une variabilité telle au cours de l'année qu'il serait absolument antiéconomique la satisfaire, même en partie, par la production nucléaire.

3) POSSIBILITES ECONOMIQUES D'EMPLOI DE L'ENERGIE NUCLEAIRE DANS LES PAYS SOUS-DEVELOPPES

L'exposé des deux paragraphes qui précèdent nous permet d'arriver rapidement aux conclusions suivantes.

a) Considérons d'abord le cas où il n'existe pas d'empêchements graves d'ordre technique ou/et économique ou des raisons particulières politiques ou de sûreté à l'approvisionnement des sources d'énergie traditionnelles.

Dans ce cas le choix de la source nucléaire est conditionnée à la réalisation de la compétitivité avec les sources traditionnelles suivant les critères résumés dans ce qui précède. En bref :

a) L'énergie nucléaire n'est pas à prendre en considération pour satisfaire les besoins d'un pays, ou d'une région électriquement séparée, tout au début du développement industriel.

b) Pour que l'énergie nucléaire puisse contribuer d'une façon efficace du point de vue économique au développement d'un pays ou d'une région, il est nécessaire que l'industrialisation ait atteint un niveau tel que les besoins de puissance du réseau interconnecté plus étendu soit de l'ordre de plusieurs centaines de milliers de kW, et en tout cas, que la puissance minima des heures creuses de la période moins chargée de l'année atteigne au moins 200 ou 300.000 kW.

*) Ou par n'importe quelle autre source : par exemple énergie provenant d'usines hydroélectriques au fil de l'eau, géothermiques, à combustibles pauvres, etc.

Ce sont les conditions qui permettent d'utiliser des unités nucléaires capables de rentrer dans les limites économiques indiquées précédemment.

Même dans ces conditions, pour que l'énergie nucléaire puisse résulter économique actuellement, il faut que le coût d'approvisionnement des combustibles traditionnels soit particulièrement élevé à cause de frais de transport (comme c'est le cas des régions lointaines des ports outillés pour le débarquement des combustibles solides et liquides) ou pour d'autres raisons.

On voit tout de suite qu'un examen de ce genre ne peut se faire qu'en considérant séparément chaque cas particulier.

A ce point on peut se demander si, en général, il est à recommander à un pays sous-développé qui accomplit un effort pour élever son niveau industriel, d'installer des centrales nucléaires pour la production de l'énergie avant que les conditions compétitives soient atteintes et cela dans le but de faire l'expérience avec la nouvelle technique.

Notre point de vue à cet égard est que quand un Pays se trouve dans les conditions mentionnées et accomplit un effort pour élever son niveau de vie en poussant le progrès de l'industrialisation, il est indispensable d'établir dans l'utilisation des moyens financiers disponibles l'ordre de priorité qui permet d'obtenir le taux d'amélioration le plus élevé possible. A notre avis il est peu probable que dans un pays sous-développé une production industrielle d'énergie nucléaire à des conditions non économiques puisse entrer en ligne de compte.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que cela ne signifie pas qu'il ne soit utile de destiner des moyens financiers pour l'établissement des écoles et des laboratoires pour la formation des ingénieurs et des techniciens nucléaires. Pour la réalisation de ce but, l'engagement financier est bien plus modeste que celui nécessaire pour établir des centrales nucléaires de grande puissance qui aujourd'hui comportent, à égalité de puissance, des investissements trois fois plus grands que ceux nécessaires pour les installations traditionnelles.

b) Il y a des cas où les conditions sur lesquelles nous nous sommes basés ne se sont pas vérifiées : citons quelques exemples.

Nous avons déjà mentionné le cas où l'ubication du pays comporte des difficultés techniques d'approvisionnement des combustibles traditionnels sur place ou d'importation. Le coût du transport peut être tel que l'énergie nucléaire soit moins chère que l'énergie traditionnelle.

Un autre exemple est représenté par l'approvisionnement en énergie des régions polaires où l'approvisionnement des combustibles traditionnels, surtout en certaines époques de l'année, est pratiquement impossible.

Dans ces cas, l'énergie nucléaire permet de résoudre le problème.

Nous avons déjà mentionné le cas où l'emploi de l'énergie nucléaire est suggéré par des raisons de sûreté d'approvisionnement des combustibles traditionnels.

En général, la facilité relative du transport des combustibles nucléaires (qu'on peut effectuer aussi par avion) et l'énorme contenu énergétique par unité de poids permettent de résoudre des problèmes particuliers qu'on ne saurait aborder autrement.

988 F - Oct.1962 - 1,000



UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

E/CONF.39/A/130
17 Oct.1962
ORIGINAL : ENGLISH

Agenda Item: A.5.3.1

South Africa

OBSERVATIONS ON THE TREATMENT
OF SOME REFRACTORY CRES
FROM SOUTH AFRICA

By P.A. LAXEN,
Head of the Chemical Processing Division,
Government Metallurgical Laboratory,
Johannesburg

and I.P. NAGY,
Research Officer,
Chemical Processing Division,
Government Metallurgical Laboratory,
Johannesburg

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.
3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

OBSERVATIONS ON THE TREATMENT OF SOME REFRACTORY ORES

FROM SOUTH AFRICA.

by:

P.A. Laxen,
Head of the Chemical Processing Division,
Government Metallurgical Laboratory,
Johannesburg.

and I.F. Nagy,
Research Officer,
Chemical Processing Division,
Government Metallurgical Laboratory,
Johannesburg.

1. INTRODUCTION.

(a) In this paper 'refractory' ore is used to describe ores which in comparison with 'non-refractory' ores of the same type yield lower extractions of the desired constituents when treated under the conditions normal for the 'non-refractory' ores. To obtain acceptable extractions the refractory ore must usually be subjected to intensive treatment. Such treatment would be the use of a higher than normal concentration of reagents and/or high temperatures during leaching. Refractoriness in an ore is frequently attributable to the presence of 'refractory' minerals in the ore. In this paper examples are given of a uranium ore and a gold ore from South Africa in which the refractory behaviour is attributable to the nature or condition of the leaching solution rather than to minerals which are not easy to dissolve. A standard leach procedure is given which can be used to determine these instances. It is considered that the same technique could be used in obtaining fundamental data relative to a leach process.

(b) 'Refractory' Uranium Ores:

(1) The production of uranium in the Republic of South Africa is derived from the leaching by acid of the gold-uranium bearing conglomerate reefs of the Witwatersrand and Dominion Reef systems. Mineralogical examination has shown⁽¹⁾ the principal uranium mineral in these ores is uraninite. This mineral is readily soluble in solutions containing sulphuric acid and ferric sulphate. The commercial leaching procedure developed⁽²⁾ for the extraction of uranium from South African ores required the use of sulphuric acid and manganese dioxide. The latter served to oxidise ferrous iron in solution to the ferric state, which then dissolved the uraninite.



(11) In leaching on a plant scale the sulphuric acid and manganese dioxide are added at or near the commencement of the leach to the pulp containing approximately 60% solids. The acid pulp is agitated by air in a pachuca tank. The quantities of reagents have been determined by testwork on each ore, and depend on the reducing and acid consuming constituents of the ore. Sufficient sulphuric acid is added at the commencement of a leach so that the final solution contains 3 - 6 grams H_2SO_4 /litre. This yields a pregnant solution suitable

for feed to the ion-exchange columns for recovery of the uranium in solution.

(iii) Ore samples from each prospective uranium mine were tested at the Government Metallurgical Laboratory in Johannesburg to ascertain the optimum conditions for leaching and the uranium extractions possible. If the uranium in all the ores were present as uraninite uniformly high extractions could be anticipated, since all the ores were, in major aspects of composition, similar. Most ores gave the expected high uranium extractions when leached at ambient temperatures for about 12 - 16 hours with reasonably low additions of sulphuric acid and manganese dioxide. Ores from certain areas, however, gave unexpectedly low uranium extractions. Ores from the Dominion Reef, for example, gave uranium extractions of 65 - 75% compared with the approximately 90% extractions from ores from the Kimberley Reef under similar conditions. High leach temperatures and higher reagent additions improved the uranium extractions from the former. The uranium not dissolving under normal leach conditions was thought to be attributable to the presence of an unidentified, highly refractory uraniferous mineral.

(iv) In a programme to investigate these 'refractory' ores it was found that the 'normal' leach procedure, of adding the sulphuric acid and manganese dioxide at the beginning of the leach, was inadequate for conducting comparative leach tests on different ore samples as will be explained later. A standard leach procedure was developed which gave constant leach conditions throughout the leach period irrespective of the ore sample being treated. The results obtained by the use of this simple, standard leach procedure - called the 'dilute leach' - changed previously held opinions as to the refractoriness of these ores, and also resulted in a clearer understanding of the factors in the leaching of these and other ores (3).

(v) It is felt that this standard leach technique, which is purely a laboratory technique, may have application in other leaching investigations and is accordingly described in this paper. The results obtained on an ore from the Dominion Reef illustrate the application of the 'dilute leach' procedure.

(c) Refractory Gold Ores:

(i) Many of the gold ores from the Barberton district of the Transvaal are 'refractory'. Frequently these refractory ores contain sulphides which occlude the gold values. These ores require treatment such as roasting or pressure leaching to oxidise the sulphides and render the gold in them available to dissolution by cyanidation. Ores from the oxidised zone in this area, however, have usually responded directly to cyanidation. One ore sample from the Princeton mine, submitted for gold extraction tests, had oxidised from atmospheric oxidation over twenty years in a surface dump. Due to its oxidised nature good response to cyanidation was expected from this ore. Normal cyanidation tests, however, yielded poor gold extractions. The standard leach procedure - the 'dilute leach' referred to above - was applied to the cyanidation testing of this ore. The improved results obtained by this procedure showed that the refractory behaviour was attributable to an effect of the ore on the leach solution and not to the presence of a refractory mineral in the ore.

2. STANDARD LEACH PROCEDURE (DILUTE LEACH).

(a) In a normal leach procedure, with the reagents added at the commencement of the leach period, the concentrations of the reagents will decrease throughout the leach as they are consumed. In the acid leaching of uranium ores the sulphuric acid concentration in the leach will decrease from a high initial figure - some 30 to 60 grams H_2SO_4 /litre - to the 3 - 6 grams H_2SO_4 /litre at the end of the leach. Likewise the concentration of Fe^{+++} will decrease as it oxidises various constituents in the ore. As mentioned earlier this normal leach procedure was found inadequate

when investigating and comparing the leach characteristics - i.e. behaviour during leaching - of different ore samples. Any variations in the proportion of acid consuming constituents or reducing constituents between different samples meant that the initial additions of sulphuric acid and manganese dioxide had to be varied from sample to sample so that the final leach solutions could be as similar as possible with respect to concentrations of H_2SO_4 , Fe^{+++} and Fe^{++} . During the leach tests, however, the all important concentrations of H_2SO_4 and Fe^{+++} would differ from the testing of one ore to another, possibly being similar only at the end of the leach. In addition, the effect, if any, attributable to a constituent which dissolved from an ore during leaching could vary quite considerably from one ore sample to another as the proportion of the particular constituent in different samples varied, e.g. phosphate derived from the dissolution of acid soluble phosphate minerals.

(b) In order to be able to compare different samples under identical leach conditions a standard leach procedure was required. The procedure adopted has been called the 'dilute leach'. In this standard leach the ratio of solution to ore was increased from the 0.67/1, approximately, in the normal leach to 100/1. Ten grams of ore was usually used in 1000 mls of leach solution. The dilute slurry was agitated by rolling in a bottle in a water-bath maintained at constant temperature.

(c) In uranium leaching the leach solution was made up to definite concentrations of sulphuric acid and ferric sulphate. The large excess of leach solution relative to a small weight of sample resulted in virtually no change in the reagent concentrations during the leach period. The acid consuming constituents and reducing constituents in 10 grams of ore were too small to affect the concentrations of leach reagents. The leach residues were analysed by a method involving the extraction of uranium into tributyl phosphate followed by colorimetric estimation.

(d) This leach procedure, it was found, could be applied to any uranium ore sample, and any combination of reagents could be tested on any ore at any leach temperature. An application of this leach procedure which became obvious was that the effect on the leach of any ion could be determined by merely varying the addition of that ion in the dilute leach, e.g. the effect of phosphate ion was determined by varying the concentration of phosphate in the leach solution from nil up to, say 0.5 grams P_2O_5 /litre in successive tests.

(e) Using this 'dilute leach' procedure ore samples from the different uranium-bearing reefs of South Africa were tested under a wide variety of conditions and the information obtained proved very valuable in understanding the behaviour of the different ores under plant scale leaching. Some of the results obtained on 'refractory' ore from the Dominion Reef are given later.

(f) In applying the principle of the 'dilute leach' to a refractory gold ore from the Barberton area in the Eastern Transvaal dilution ratio of 40/1 of solution to solid were used, i.e. 100 grams of ore in 4 litres of leach solution. Agitation was effected by rolling in an open glass bottle, except in particular tests when air agitation was used. The effect of cyanide and lime concentrations and of various impurities could be determined under standardized conditions. In these tests the residues were analysed for gold by the normal fire-assay method.

3. RESULTS AND DISCUSSION:

(a) Refractory Uranium Ore from the Dominion Reef.

(1) Uranium Extractions from 'Normal' Leach tests.

a. Table 1 illustrates the results obtained on this ore under various 'normal' leach conditions.

b. The conditions used in test No. 1 were adequate for the complete dissolution

of uraninite but an extraction of only 73.8% was in fact obtained. Even with the more severe conditions of the remaining tests complete extraction of the uranium was not achieved.

(ii) Comparison of 'Dilute' and 'Normal' Leach Tests.

- a. Table 2 contains typical results of the 'dilute' and 'normal' leach tests.
- b. The normal leach tests used for comparison were tests in which the final acid concentration in the leach solutions were similar to the constant acid concentration used in the 'dilute leach' tests. In other words the acid concentrations in the comparative 'normal' leach tests had actually been higher than those in the 'dilute leach' tests. The initial acid concentration corresponding to the reagent addition for each 'normal' leach test is given in Table 2.
- c. As shown the extractions in the 'dilute leach' tests were unusually high. By means of the 'dilute leach' practically complete dissolution of the uranium - up to 98.5% - in this ore was obtained at 50°C with moderate acid concentrations. Even at 28°C extractions of 90% were possible with 20 grams H_2SO_4 /litre. These results were not compatible with the earlier thoughts of a refractory ore.

(iii) Factors in the Acid Leaching of the Dominion Reef 'Refractory' Ore.

- a. By merely altering the dilution ratio during leaching - i.e. by minimizing the effect of the ore sample on the leach solution - this ore had been converted from a 'refractory' ore to an 'amenable' ore. A series of 'dilute leach' tests was conducted in which many possible factors were tested and it was found that two factors were important in explaining the 'refractory' behaviour of this ore during plant-scale leaching. These two factors were :-

1. Concentration of Phosphate ions in the Leach Solutions.
- ii. Oxidation Potential of the Leach Solution.

1. Effect of Phosphate Concentration.

Table 3 shows the results obtained on addition of low concentrations of phosphate. This deleterious effect of phosphate is not attributable to any complexing of ferric ions since 0.5 grams Fe^{+++} was all that was required for maximum dissolution, and hence the 4 grams Fe^{+++} /litre present represented a large excess of Fe^{+++} . The addition of phosphate at the end of the leach period had no deleterious effect on extraction, showing that this effect of phosphate was not attributable to any precipitation effect. The phosphate concentration in a leach solution from the Dominion Reef ore was usually about 0.25 grams P_2O_5 /litre. Ores that gave good uranium extractions under normal conditions at ambient temperatures were unaffected by the presence of phosphate.

ii. Effect of the Oxidation Potential.

The oxidation potential of the leach solution, which is controlled and indicated by the Fe^{+++}/Fe^{++} ratio, was investigated by the 'dilute leach' technique and it was found that uranium dissolutions from many South African ores were practically unaffected by variation in the Fe^{+++}/Fe^{++} ratio. The 'refractory' ore from the Dominion Reef was, however, affected. This is illustrated by the results in Table 4. These results were obtained by dilute leach tests.

(b) Refractory Gold Ore from the Princeton Mine of the Barberton Area.

(i) Comparison of Normal and Dilute Leach Tests.

a. The initial cyanidation tests on this sample gave low gold extractions. In a 'dilute leach' test - i.e. with a high liquid/solid ratio of 40/1 - a marked improvement in gold extraction was obtained. as shown in Table 5.

b. The improvement in gold extraction in the 'dilute leach' test indicated that the refractory behaviour of this ore was in large measure due to the leach solution. Using the 'dilute leach' procedure the effect of various factors on gold extraction from this ore was ascertained.

(ii) Effect of Cyanide Concentration.

a. With constant CaO additions and a dilution of 40:1 liquid:solid the cyanide concentration was varied in a series of tests. The results obtained are given in Table 6.

b. Increasing the cyanide strength of the leach solution beyond 0.1% was apparently dissolving some constituent of the ore which was then adversely affecting gold dissolution. These tests showed that 86.5% of the gold in this ore was soluble in cyanide solutions of normal concentrations and not associated with a refractory mineral.

(iii) Effect of CaO Concentrations.

a. The results of 'dilute leach' tests in which the effect of increasing CaO additions was determined are shown in Table 7.

b. With 0.1% KCN there was only a slight effect due to varying the CaO concentration, with a concentration of .011% CaO in test 2 giving the maximum dissolution. The deleterious effect of high cyanide concentrations shown in Table 6 and in test 7 of Table 7 can apparently be offset by not adding CaO, as in test 6 of Table 7.

(iv) Effect of Air Agitation.

a. At dilutions of 40:1 there was no beneficial effect due to agitation by air as compared with agitation by bottle rolling. At dilutions of 1:1 there was a slight improvement of gold extraction with air agitation.

4. CONCLUSIONS.

(a) A standard, laboratory leach test, termed the 'dilute leach', proved useful in understanding the 'refractory' behaviour in plant-scale leaching of certain uranium ores. The near complete extractions obtained by the 'dilute leach' procedure, under what might be termed reasonable reagent concentrations, eliminated the possibility of a highly refractory uraniferous mineral being present in ores from the Dominion Reef. The 'refractory' behaviour of this ore in plant-scale leaching was attributable to effects of the ore on the leach solution and to the presence of a mineral in the ore that was not unusually difficult to dissolve but rather was sensitive to, or affected by, the changes in the leach solutions brought about by the ore. The important effects of the ore on the leach solutions were the introduction of phosphate ions - dissolved from constituents of the ore - and the lowering of the oxidation potential of the leach solution. Ores which gave good extractions in normal plant-scale leaching were unaffected by these factors under the conditions used for testing.

(b) The principle of eliminating the effect of the ore on the leach solution by using the 'dilute leach' technique again proved effective in the testing of a 'refractory' gold ore. This ore gave good gold extractions on cyanidation

with the 'dilute leach' establishing that the 'refractory' behaviour in 'normal' cyanidation tests was not due to a refractory gold-bearing mineral, but to an effect of the ore on the leach solution.

(c) The 'dilute leach' technique appears to have application in the testing of refractory ores. The technique can be applied to the determining of the important factors in a leach system.

REFERENCES.

1. Liebenberg, W.R. The Occurrence and Origin of Gold and Radioactive Minerals in the Witwatersrand System, the Dominion Reef, the Ventersdorp Contact Reef and the Black Reef.
Trans. Geol. Soc. S.Afr. LVIII p.101 (1955).
2. Gaudin, A.N., Schuhmann, R. and Dasher, J. South Africa: Extraction Process for Gold-Uranium Ores.
J.Metals 8 p.1065 (1956).
3. Laxen, P.A. Observations on the Dissolution of Uranium from Ores of the Witwatersrand Progress Report (Leaching) No.259 and 261.
Government Metallurgical Laboratory, Johannesburg.

TABLE 1.

Uranium Extractions from the Dominion Reef. (Leach Time - 18 Hours.)

Test No.	Reagents H ₂ SO ₄ lb/t	MnO ₂ lb/t	Leach Temp. °C	Final H ₂ SO ₄ g.p.l.	Leach Solutions Fe ⁺⁺⁺ g.p.l.	Fe ⁺⁺ g.p.l.	% U ₃ O ₈ Extraction.
1	50	10	28	7.8	4.5	0.3	73.8
2	80	20	"	20.8	5.0	0.07	79.3
3	150	10	"	70.7	6.2	0.07	88.8
4	300	10	"	168.9	7.3	0.07	94.5
5	60	18	50	9.5	4.4	1.4	82.3
6	80	5	"	20.0	4.1	2.8	87.1
7	150	10	"	58.0	6.4	2.03	93.9
8	300	10	"	150.0	7.7	2.14	97.0

TABLE 2.

Comparison of 'Dilute leach' Tests and 'Normal' leach Tests. (Leach Time - 18 hours.)

Normal Leach (Soln/Ore = 0.67/1)								'Dilute leach' (100/1 soln/ore)		
Test No	Reagents H ₂ SO ₄ lb/t	MnO ₂ lb/t	Initial Conc. H ₂ SO ₄ g.p.l.	Final Leach Soln. H ₂ SO ₄ g.p.l.	Fe ⁺⁺⁺ g.p.l.	Fe ⁺⁺ g.p.l.	% Uranium Dissol.	Leach Solution H ₂ SO ₄ g.p.l.	Fe ⁺⁺⁺ g.p.l.	% Uranium Dissol.
28°C										
1	50	10	37.5	7.8	4.5	0.3	73.8	8.0	4.0	83.8
2	80	20	60.0	20.8	5.0	0.07	79.3	20.0	4.0	90.1
50°C										
1	60	18	45.0	9.5	4.4	1.4	82.3	8.0	4.0	96.4
2	80	5	60.0	20.0	4.1	2.8	87.1	20.0	4.0	98.5

TABLE 3.

Effect of Phosphate on Dominion Reef 'Dilute Leach' Tests.

Phosphate Added g.p.l. P ₂ O ₅	nil	0.25	0.5	Leach Conditions 4 g.p.l. H ₂ SO ₄ 4 g.p.l. Fe ⁺⁺⁺ 28°C 18 hours.
% Uranium Extraction	78.2	71.0	69.5	

TABLE 4.

Effect of Fe⁺⁺⁺/Fe⁺⁺ Ratio on Dominion Reef in 'Dilute Leach' Tests.

Fe ⁺⁺⁺ conc. g.p.l.	4	3	2	1	Leach Conditions. 4 g.p.l. H ₂ SO ₄ 28°C 18 hours.
Fe ⁺⁺ " g.p.l.	nil	1	2	3	
Fe ⁺⁺⁺ /Fe ⁺⁺ ratio	4/0	3/1	2/2	1/3	
% Uranium extraction	78.2	70.2	69.9	67.6	

TABLE 5.

Improvement in Gold Extraction at High Dilution.

Normal Dilution Soln/Ore = 1/1			High Dilution-Dilute Leach Soln/Ore = 40/1			
Initial Cyanide Conc %KCN	Initial Lime Conc %CaO	% Gold Extrn	Initial Cyanide Conc. %KCN	Initial Lime Conc. %CaO	% Gold Extn.	Leach Conditions 24 hours 25°C
0.5	0.168	35.1	0.5	.0095	73.0	

TABLE 6.

Effect of Cyanide Concentration in 'Dilute Leach' Tests.

Test No	Cyanide Conc. %KCN	% Gold Extraction	Leach Conditions.
1	0.05	85.3	Soln/Ore = 40/1 24 hours 25°C Initial CaO conc. = .011% CaO
2	0.10	86.5	
3	0.25	75.8	
4	0.50	73.0	
5	1.00	66.3	

TABLE 7.

Effect of CaO Addition in 'Dilute Leach' Tests.

Test No.	Cyanide Conc. %KCN	Lime Conc. in Soln. %CaO	% Gold Extraction	pH of Final Soln.	Leach Conditions.
1	0.1	nil	83.7	10.1	Soln./Ore = 40/1 24 hours 25°C
2	"	.011	86.5	11.0	
3	"	.025	83.0	11.6	
4	"	.063	81.7	12.1	
5	"	.168	81.0	12.4	
6	1.0	nil	81.1		
7	"	.011	66.3		



E/CONF.39/A/131

17 Oct.1962

ORIGINAL : ENGLISH

**UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS**

Agenda Item: A.1

Finland

ABOUT USE OF PHOTOGRAMMETRIC METHODS
IN DEVELOPING COUNTRIES
WITH SPECIAL ATTENTION TO THE POSSIBILITIES
PROVIDED BY THE FINNISH HORIZON
AND STATOSCOPE MEASUREMENTS

By Professor, R.S. HALONEN,
Institute of Technology,
Helsinki, Finland

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.
3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

About Use of Photogrammetric Methods In Developing Countries With Special
Attention To The Possibilities Provided By The Finnish Horizon and
Statoscope Measurements.

by

R.S. Halonen, Professor, Institute of Technology, Helsinki, Finland.

In case no maps exist of the area to be surveyed, the first task is to carry out aerial photography to provide photographs for a photo mosaic of the area. The photo mosaic is indispensable for navigation and as a base for further planning of the area. The photography will be done, depending on the equipment, at a scale of 1: 50'000 - 1:80'000. The photographs are compiled in the picture scale, matched to successive photographs without regard to control points, to a mosaic, which directly or copied can be used for navigation and for the other indicated purposes above. The first assembly can be prepared at the flight base even from contact prints, if no rectifier is available.

The ordinary photography, which should be made to fulfil as many purposes as possible, is made depending on various conditions at a scale of about 1:50'000 with a wide angle camera furnished with a horizon camera (13). As the camera constant is about 15 cm and the picture size about 23 x 23 cm the flying height will be about 7500 m.

In several cases the assembly made of rectified photographs, the controlled photo mosaic, will alone be sufficient to fulfil the mapping requirements of the area. In such a case the control point net is prepared using mechanical radial-line triangulation. The triangulation is made at a scale, which is approximately two times the picture scale. In estimating the density of geodetic control points it can be stated, that the distances at the scale of triangulation between adjacent stations should be about 1 m. This means, that the corresponding distance in the triangulation net will be 20-25 km.

Assuming that also the horizon has been photographed in connection with the ordinary photography the pictures can be rectified to the desired scale with one single rectification (1). Terrain with extremely high variation in elevation may require partial enlargements. The compilation of the photographs can be done at the same scale as that of the final photo mosaic, for instance 1:25'000. For assembly work at this scale the Finnish wet method is recommended of which good results have been obtained over several decades. The triangulation has to be made as a nadir point triangulation — using rectified photographs. With horizon measurement this is always possible and here will especially be stressed the fact, that the mechanical radial-line triangulation in this version is theoretically free from distortion. Using approximately this method large areas in northern Finland have been mapped for sylvicultural purposes (14). For many natural resource investments and field investigations the controlled photo mosaic is the most suitable. This method offers the advantage of having great working speed and low production cost in combination with the fact, that not highly qualified personnel is required. To prepare first a photo mosaic has often proved to be well worth while even when a map with contour lines made in a stereoscopic plotting instrument later will be made. With limitations a photo mosaic may be used as basic map, which has been provided with data of height variations in the terrain.

The preparation of a more complete map in a stereoscopic plotting instrument begins with space triangulation. For this purpose the same photography 1:50'000 can be utilized. Considering the picture scale the final map may show a contour interval of 5 metres or with limitations 2.5 metres. The scale of the corresponding topographic map may not be greater than 1:10'000. To determine the horizontal control for this map the above

mentioned geodetic triangulation net with a density of 20-25 km between adjacent stations will be sufficient.

Height determination in the field has to be carried out more or less frequently depending on the desired accuracy in elevation. Such height determination is considerably less expensive than the measurement of plane coordinates in the field.

The ordinary map can be established on the space triangulation points and plotted as soon as necessary investments have been carried out in the field, again using the same photography.

In the space triangulation, which is essential for both the quality and the cost of the mapping, the results from the horizon and the stadiometer measurements can be again utilized (6). Regardless how this triangulation will be done the results of the stadiometer and horizon measurement always will increase the confidence and speed of the triangulation and thus correspondingly decrease the amount of time-consuming and expensive measurements in the field.

A more detailed procedure is highly influenced by local conditions and can easily be derived from the general outline above by a professional mapmaker. A new device, that may be of decisive importance to the mapping of the areas in question, is the so-called Aero-dist (15). Through this application of the Tellurometer in aerial photography it should be possible to measure also the factors of the elements of outer orientation that determine the camera position. As the horizon camera adds to this information the tilt components of the picture plane, these together will create a system, which, without reservation, gives a far better solution compared to the conventional methods.

Concerning organizational problems it may first be stated, that in the developing countries the air photography preferably should be given to foreign contractors. The photography requires expensive instruments and experienced personnel, which can be used only for a part of the year. As there are qualified firms all over the world available these can undertake the photography. Later when the first mapping stage is finished and large scale works of more limited areas are to be executed may equipment for aerial photography be purchased and native personnel trained.

To prepare a map with the method of compiling controlled mosaic is the simplest photogrammetry. For this work natives of the country in question may be trained. The required devices are also less comprehensive both to their construction and to their cost. The work, however, should be started in some country with experience in mapping techniques, where the persons to be trained could receive adequate long practical education and experience. According to progress in the training the compilation of controlled photo mosaic could gradually be transferred to the country in question. Selecting persons to be trained the quantity should be taken considerably higher than the final demand, especially for the reason, that the most prominent students could be further trained for stereoscopic works.

It is further advisable to do the stereoscopic mapping, both the aerial triangulation and the plotting, to a rather great extent abroad. The instruments needed for the work are comparatively complicated and the personnel should have considerable knowledge in mathematics-natural science. Although arrangements of this kind depend on local conditions it has been proved, that stereo laboratories established in developing countries have not reached full capacity regardless of the fact, that the establishment and training of personnel periodically have been done by foreign experts. To obtain better results from an expensive stereo laboratory it should first be assured that the country owns a sufficient number of persons with adequate educational level. To provide instruments and establish the laboratory in itself is no problem but its successful operation is one.



E/CONF.39/A/132

17 Oct.1962

ORIGINAL : ENGLISH

**UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS**

Agenda Item: A.3.3

Israel

**CONTRIBUTION OF ISOTOPE METHODS
TO HYDROLOGICAL RESEARCH**

By J GAT

and A. NIR,

**Weizmann Institute of Science,
Rehovoth Y. Harpaz and S. Mandel,
Tahal, Water Planning for Israel Ltd.**

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.
3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

Contribution of Isotope Methods to Hydrological Research

by

J.Gat and A.Nir, Weizmann Institute of Science, Rehovoth

Y.Harpaz and S.Mandel, Tahal, Water Planning for Israel Ltd.

Hydrological investigations of groundwater usually follow a well defined pattern which is conditioned by the state of development of the research region. It is convenient to distinguish three phases of development:

- (1) Only "natural" water resources such as rivers, springs, etc. are used.
- (2) Groundwater is extracted from boreholes and used alone or in addition to natural resources.
- (3) All occurrences of water are fully used not only for supply but also for storage, disposal of sewage, etc.

This summary intends to follow the natural pattern of development and to indicate the contribution of isotope methods towards the solution of problems peculiar to each stage. It may be stated in advance that isotope methods represent only an additional research tool but by no means the panacea for hydrological problems.

1. When water supply in a region is based on the natural flow of springs and rivers only, the reliability, constancy and hydrological characteristics of the flow must be investigated. Classical methods of investigation are: geological reconnaissance,

geo-chemical analyses and statistical analysis of the hydrograph (especially determination of the decay-curve). Knowledge of the time elapsed between natural replenishment and reappearance of the groundwater and the size of the intervening reservoir are the significant hydrological parameters.

2. When one or a few wells are drilled in a new region, it is important to determine as quickly as possible, the ultimate "safe yield" of the region, including changes of the water level to be expected during continual exploitation. In this context it is necessary to find out in what way natural drainage of the groundwater is affected. If the aquifer is drained by springs and its exploitation will eventually reduce springs flow, this factor must be taken into account when regional schemes of development are envisaged. If swamps represent the natural outlet of the groundwater, heavy pumpage may help in draining the area and this not only provides water but also arable soil. If groundwater drains into the sea, the effects of the sea water intrusion must be evaluated.

The physical parameters involved in the problems are:

- 1) Is the water located in a borehole identical with the water issuing at the point of drainage?
- 2) The physical constants of the aquifer: transmissivity, storability effective porosity.
- 3) Velocity of groundwater flow.
- 4) Dimensions of the aquifer.

The classical methods of research rely on pumping tests and precise measurement of the gradient of the piezometric level and necessitate pumping wells and a number of observation holes, all of which must be interconnected by precise levelling and measurement continued for extended periods of time. The demonstrated and potential usefulness of the isotope tracers in supplying information on these

parameters is therefore of primary importance.

3. Scientific management of groundwater resources. In a fully developed region the natural occurrences of water are fully integrated in engineering works. This presupposes a very detailed quantitative knowledge of all the properties, e. g. natural replenishment, its fluctuations and its mechanism, reserves which may be used to tide over dry cycles, connection with sea water and highly mineralized bodies of water. In addition parts of the aquifer will not only be used as water resource but also as storage reservoir (artificial replenishment) cleaning plant (re-cycling of sewage water) and waste disposal unit.

In an arid region where water is scarce this last stage of development may be arrived at very quickly and it is therefore important to start collection of the necessary quantitative data well in advance. This task can be very much eased with the aid of isotope methods, as there are no classical reliable methods for evaluation of dispersion and mixing patterns of different bodies of water.

II. The Isotopic Tracing Methods

The isotope tracing methods described in this paragraph were applied to the solution of the various hydrological problems previously presented. It should be mentioned, however, that tracing with isotopes was applied as an integral part of the tracing method in general, and other means of labelling and tracing, i.e. chloride or fluoresceine, were used whenever the use was considered to be of advantage compared to isotope methods.

The basic principles and methods of application of the isotope tracing methods were surveyed in several publications(1,2,3,4). It will suffice therefore to give the general classification of these methods.

The tracing method in hydrology is based on observing some identifiable component of the groundwater body, which is assumed to behave in all relevant hydrological aspects similarly enough to the main body of water which is being observed.

We can distinguish between 4 different processes, which provide us with measurable tracers for groundwater.

1. Natural introduction of radioactive isotopes:

Examples of these are cosmic radiation produced tritium and C^{14} . Others are radioactive daughters of the uranium and thorium which are leached out of the rock by groundwater. Natural tritium for example, can be used as a "dating" tool. For sources which did not receive replenishment from meteoric waters, since the commencement of the thermonuclear explosions (1952) the significant value is the

comparison of the tritium concentration of the observed aquifer, with the average activity of rain water assumed to feed this aquifer. Where necessary the latter is corrected for isotopic fractionation, due to partial evaporation of the rain waters, before reaching the aquifer. This difference can then be interpreted as due to transit time in a non-mixed aquifer, an average hold up time in a mixed reservoir or an intermediate value between those, depending on the specific assumptions about the flow pattern.

2. Introduction through nuclear explosions:

Various isotopes are introduced through nuclear explosions of atomic weapons and operation of nuclear reactors. Of these again only tritium is considered an effective tracer of groundwater. Due to recent origin of these sources, its application has to be limited to problems on the corresponding time scale, i.e. 9 years. Although controlled by man, this type of injection is considered from the point of view of hydrological investigation as rather closer in character to the natural introduction, as there is no control by the experimenter on the time, extent and amount of injection, which is mostly very widespread.

In using this method, the time distribution of groundwater concentrations (the output pulse shape) is correlated with the rain water concentrations (the input pulse shape). This relation is interpreted in terms of transit time distribution of the rain waters feeding the area. If used in conjunction with the geological information on the extent of local aquifers, they provide data on the replenishment rate of the groundwater reservoir.

3. Local, controlled injection:

Suitable isotopes can be injected locally under conditions most suitable for the specific problem to be solved. Due to the limitations imposed by health hazard regulations, these activities are usually limited in scale and extent to relatively small areas and short periods of time. At present the injection method is limited to limestone and sand aquifers, due to possible adsorption effects in other types of soil. A common tracer used locally is $K_2Co(CN)_6$ incorporating Co^{60} or Co^{58} as the radioisotope. Other tracers like I^{131} , S^{35} have been used occasionally (5,6). Tritium which is often recommended as suitable for local injection is not used here, as it is considered to endanger the investigations utilizing the rain recharged tritium. These isotopes can be conveniently used for investigation of local groundwater velocities, storativity and mixing patterns in recharge operation.

4. Stable isotopes:

Differences in natural abundances of D and O-18 caused by physico-chemical

differentiation processes in the atmosphere, during evaporation of surface water bodies or through exchange of isotopes with rock components, singularly characterize different water bodies and hence can be utilized as tracing tools in hydrology. Of even greater significance in hydrological research is the fact that the measured changes of O^{18} and D abundances as a result of evaporation from surface water can be interpreted in terms of the amount of evaporation.

Stable isotope difference can be therefore useful in identifying origin of groundwater or mixing ratios in case of converging sources. In favourable cases of widely differing components, dispersion pattern in recharge can be investigated.

III. Applications

Several examples of planned and executed applications of the isotope tracing method in Israel will serve to illustrate typical contribution of this method to a semi arid zone hydrological research.

1. Tritium survey:

A wide sampling program of local rains, wells springs and surface reservoirs is carried out since 1953. These are examined for tritium, O^{18} and D. concentrations. This extensive isotopic mapping is expected to lead to a coherent picture of the country wide hydrological cycle when several years data are assayed and evaluated. Up to date several years rains and few well samples were measured. The rain data, being themselves of meteorological interest (7) serve as input function for the groundwater transit time distribution study. By this method we could deduce recent recharge for some arid area wells. The sampling program was recently extended to include depth sampling in wells in order to study the vertical velocity distribution in aquifers.

2. Injection experiments:

These experiments have been carried out since 1957 and provided locally significant data. Some experiments, using I^{131} and later Co^{60} in the form of $K_3Co(CN)_6$, were devoted to storativity determinations (8, 9) and gave results consistent with those obtained by other hydrological methods. Other experiments were made to determine ground water velocity using the single well method (10) and to determine the character of the interconnection between the Lod aquifer and the Yarkon river. Presently planned experiments are concerned with dilution of high salinity water by recharge into existing aquifers.

3. Stable isotopes:

A countrywide survey of the O^{18} and D concentration is carried out in parallel

with the tritium survey. Significant variations are evident along the Jordan river basin indicating the effect of evaporation. While actual application can not be undertaken before continued measurements confirm the significance of this pattern, the visualised applications include mixing studies during recharge of Jordan river water into groundwater aquifers, assistance in tritium transit time determination through identification of corresponding water bodies, and general differentiation between groundwaters of different origin.

IV. Organization

The discussion of organization and procedures required for this type of project is of considerable interest. The main points to be considered are: cooperation, technical personnel facilities and equipment and budget.

1) Cooperation:

As this subject is common to hydrologists and nuclear scientists, the requirements for close cooperation is obvious. It was found, however, that significant results require definite efforts and procedures. These are:

- a) some understanding of the basic principles and methods of the other discipline, gradually progressing to common study of the subjects.
- b) closest contact in all stages of work: preliminary studies, planning of the experiments, execution and evaluation. Mixed teams in field experiments are of value in early stages of the project.
- c) cooperation of health authorities and water supply organization is essential for successful execution of experiments based on the injection method.

2) Technical personnel:

Nuclear scientists experienced in low level counting techniques are essential for cooperation of the above projects. For continued operation one full time scientist is required for each of the distinct methods, i.e. tritium, injection and stable isotopes. However, not all of those measurements have to be performed locally, as discussed below.

3) Facilities and equipment:

Low level isotopic measurements require equipment and facilities which although not too complicated, are quite specialized and as yet not available commercially. In fact no single laboratory is known to perform routinely all the measurements previously discussed. The tritium assay requires an isotopic enrichment plant and very low level radioactivity counting and handling systems. The stable isotope measurement is performed with very sensitive mass spectrometers. Both require laboratories free from mechanical and electrical disturbances and capable of providing good

electronic maintenance service.

The injection method requirements are less stringent, but reliable field instrumentation, a standard radioactivity counting laboratory and high activity handling facilities are required. However, it is feasible to carry out a fair amount of this type of work in cooperation with other laboratories which specialize in tritium or stable isotope assay. International cooperation is already contributing to this subject in countries lacking own facilities.

A. Budget:

Although a detailed budget will very much depend on the facilities available and the capabilities of the personnel to provide own equipment a general estimate may be given. The initial investment in scientific equipment in an existing laboratory, for a full scale program: i.e. 300 tritium samples per year, 500 D and O¹⁸ samples and one field injection set would amount to 80,000 while its continued operation including personnel would amount to 50,000 per year. This does not include any items normally covered by a hydrological research program such as drilling observation wells, pumping and recharge operations and wide area water sampling. The investment could, however, be considerably reduced through a cooperation program like the one mentioned above.

1. E. Halevy and A. Mir. "On the use of radioisotopes in studies of groundwater flow". Water Planning for Israel Ltd. Publication 82 (1960).
2. Isotopes Inc. "The Potential application of radioisotope techniques to water resources investigations and utilizations." IAS report WYO-9040 (1961).
3. Report of the panel on the applications of isotope techniques in hydrology. IAEA. 1961.
4. W. Sheppard, "Basic principles of the tracer method", Wiley, 1961.
5. E. Halevy and A. Mir, "Determination of aquifer characteristic with the aid of radioactive tracers." J. Geophysical Res. 67, 2403 (1962).
6. H. F. Merritt, "Routine measurement of groundwater velocity", Health Phys. 8, 185 (1962).
7. J. R. Gat, J. Karfunkel and A. Mir, "Tritium content of rainwater from the Eastern Mediterranean area". Tritium in the Physical and Biological Sciences, IAEA Vienna, p. 41 (1962).
8. A. Mir, E. Halevy, S. Mandel and Y. Harpaz, "Water Planning for Israel Ltd. Publication 32, 1957.
9. A. Mir, et.al. Report No. 4, Water Planning for Israel Ltd. (1961).
10. S. Mandel, "Hydrological field work with radioactive tracers in Israel" I.A.S.H. Commission of Subterranean Waters, Publ. No. 52, 197 (1960).

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.
2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.
3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.
4. Préablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

RESSOURCES NATURELLES

L'EAU POTABLE AU CONGO (LEOPOLDVILLE) ET AU RUANDA-URUNDI

par A. CLERFATT,
ingénieur directeur-administrateur honoraire
de la Régie des Eaux et de l'Electricité du
Congo et du Ruanda-Urundi,
vice-président honoraire de l'Association
Nationale des Services d'Eau

1. POSITION DU PROBLEME - ROLE VITAL DES DISTRIBUTIONS D'EAU.

a) L'essor accéléré des structures économiques et sociales du Congo et du Ruanda-Urundi

a bénéficié d'un précieux adjuvant par la création de services d'eau potable. Dans ces territoires que ravageait depuis des millénaires le fléau des maladies d'origine hydrique, la distribution d'eau saine s'est révélée une arme prophylactique de valeur obvie.

b) Sous le ciel ardent des tropiques l'eau, facteur de vie universel, accuse une précellence des plus tangible au faite de la hiérarchie des besoins physiologiques de l'être. Non seulement les exigences de confort et d'hygiène se manifestent avec une intensité accrue, mais le rôle de l'eau pure s'avère décisif dans l'organisation de la lutte contre les maladies. Au Congo les affections transmissibles par l'eau constituent un facteur essentiel de létalité: elles occupent encore le 3ème rang dans la genèse des endémies mortelles. L'ambiance humide et brûlante y est propice au développement des affections parasitaires dont les méfaits se conjuguent à ceux des affections ubiquitaires d'essence microbienne ou virale: typhoïde, dysenterie bacillaire, choléra, polio..... Dans ce groupe de verminoses du tube digestif qui déciment les populations congolaises une mention spéciale revient à la bilharziose, maladie à évolution qui sévit de l'estuaire du Nil aux sources du Congo; en outre, la dysenterie amibienne, l'ankylostomiase, l'anguillulose, et d'autres helminthiases. L'extension des gîtes disséminés sur des aires immenses, recouvertes d'impénétrables massifs forestiers et de marais font exclure d'emblée toute politique qui viserait à un assainissement intégral..... Hygiène et technique vont ici de pair.

c) Sur les objectifs vitaux de salubrité sont venues se greffer les exigences du confort, en étroit synchronisme avec les progrès de la civilisation. Au surplus l'approvisionnement direct des collectivités autochtones par des eaux de distribution d'eau s'est révélé d'un intérêt économique certain grâce à l'élimination subséquente des corvées de portage. Base du patrimoine santé, dans les pays en voie de développement, l'eau potable se révèle aussi facteur essentiel de productivité.

2. AMENAGEMENT DES RESSOURCES - PRODUCTION.

a) Difficultés affrontées.

Au Congo et R.U. la REGIDESO, parastatal créé en 1933, était aux prises avec des sujétions multiples d'exploitation:

- 1) Sur le plan financier l'extension démesurée des réseaux distributeurs donne lieu à une lourde aggravation des charges fixes, surtout en brousse où la densité de consommation reste faible.
- 11) Techniquement, une entrave non moins sérieuse réside dans la rareté relative de nappes souterraines satisfaisant aux exigences d'une gestion rationnelle: proximité d'accès, spatial et en sous-sol, débit suffisant et pérenne d'eau pure mais neutre, exempte d'agressivité. Constatation décevante et paradoxale eu égard à la richesse du réseau hydrographique ramifié depuis son niveau de base en un chevelu d'une extrême puissance. L'énorme bassin du Congo, gratifié par la nature d'un prodigieux potentiel hydraulique sans équivalence dans aucune contrée du globe, apparaît hydrologiquement assez pauvre. La distribution des réserves d'eau de qualité pêche par son irrégularité dans l'espace, pour des motifs complexes d'ordre géologique, et dans le temps par l'effet de l'alternance des saisons. Un autre écueil fut, à l'origine, l'indigence de la documentation hydrogéologique en raison des difficultés de recrutement de spécialistes et de l'accumulation d'obstacles naturels contrariant les prospections.

b) Eaux de surface - Modalités de traitement.

Dans ces conditions le prélèvement d'eau brute aux rivières a prévalu longtemps comme solution de facilité. Le recours à une retenue derrière un barrage constitue un cas d'exception qui ne se justifie qu'en présence de cours d'eau à régime torrentiel ou à grand débit solide ou sujet au tarissement. La correction chimique et bactériologique des eaux de surface est compliquée, au Congo, par leur état d'intense souillure organique et par des pointes brutales de turbidité, consécutives à des orages ou averses diluviennes. Ces effets climatiques se déroulent à toute prévision et sont d'une neutralisation ardue en raison de leur spontanéité. Ils sont plus ou moins amplifiés en saison de pluies suivant l'excentricité du bassin hydrographique par rapport à l'équateur.

- 1) Faciès des eaux: La nature même de la charge organique des eaux formée d'acides humiques en suspension plus ou moins dispersée depuis l'état colloïdal jusqu'à celui de solution vraie, toujours colorante, parfois turbigène, s'avère rebelle à la sédimentation simple et spontanée. Le brassage actif en eaux courantes s'y oppose d'ailleurs. Dans ces conditions, l'eau ne peut être rendue potable qu'au prix d'un traitement d'épuration intégral selon le schéma classique: floculation par réactifs, décantation, filtrage, stérilisation. La difficulté se corse de l'obligation de satisfaire à des normes de potabilité chimiques et bactériologiques d'une rigueur accrue, parce qu'il s'agit d'eaux traitées en zone tropicale. S'y ajoutent les servitudes de cadres techniques et de cherté de produits importés, inhérentes aux services dans les régions de nouveau développement. Et cependant l'eau devrait être fournie aux plus bas prix, en abondance.
- 11) Réactifs: la gamme usuelle des sels de métaux lourds et autres a été

mise à l'épreuve au cours d'une expérience de 3 décennies étendues à des dizaines d'exploitations. Elle a fait opter pour le sulfate d'alumine de préférence aux sels ferriques et même à l'aluminate de soude en appoint pour réaliser la double-floculation. La distribution par voie humide, au moyen de pompes doseuses, réglables en marche, mais simples et robustes - c'est une règle d'or dans ces pays - procure les meilleurs résultats.

- iii) Floculation: Le réglage correct du pH entre 5,5 et 6 - 6,5, au voisinage du point isoélectrique s'est révélé un critère essentiel pour réaliser la floculation maximum de l'hydroxyde au moindre taux d'alumine résiduelle, et sans risque de peptisation récurrente. Sous ce rapport l'addition supplémentaire d'alcalin introduit une complication dans le traitement de l'eau brute, en freinant l'effet de collage dû au gel floculant. Cet apport de chaux est cependant imposé par les caractères de forte acidité, de dureté (TH) et d'alcalinité (TAC) faibles, qui sont spécifiques de la plupart des eaux de surface congolaises. Le pH doit en tout cas faire l'objet, comme l'allure de la sédimentation, d'un essai classique dit "jar-test", d'une importance capitale, car il orientera l'économie générale du traitement.
- iv) La décantation: doit être très poussée - 3 à 4 heures - si elle est statique - avant toute filtration sous peine d'exposer les cellules de filtres à un colmatage prématuré. L'usage de décanteurs type "dynamique" à voile de boues, essayés au cours des dernières années, a produit les résultats escomptés de gain d'encombrement et d'investissement, d'efficacité, d'économie de réactifs et d'amélioration relative des qualités de l'eau traitée; toutefois la décantation accélérée implique des difficultés de réglage en raison d'une sensibilité accrue aux brusques variations de régime (débit, pH) qui affectent l'exploitation tropicale. Quel que soit le procédé il doit assurer un rabattement des matières organiques en-dessous de 2 mg/l (en oxygène du permanganate), condition imposée à un double titre: garantir une parfaite stérilisation in fine et empêcher un colmatage prématuré des filtres, dont résulteraient une cadence de lavage trop rapide ainsi qu'une réserve de cellules démesurée. Le contrôle de la turbidité finale, à limiter vers 1 à 0,5 mg/l de silice, s'est avérée un excellent test d'efficacité du conditionnement.
- v) La filtration par le système rapide, généralement sur bassins ouverts, représente la solution optimum que postule l'usage de réactifs chimiques, pour des raisons notoires d'économie, souplesse d'exploitation, faculté d'adaptation aux divers faciès d'eaux à traiter. La régénération des lits filtrants par le système séparatif air-eau nous a donné les meilleurs résultats, ainsi que la granulométrie uniforme des sables déposés sur dalles filtrantes à crâpines en matière plastique; également la régulation automatique des niveaux et débits par l'aval..... Le rôle du régulateur de débit est essentiel, surtout dans les petits postes où il faut alléger la tâche du servant; de même pour l'indicateur de perte de charge.

- vi) La stérilisation, stade ultime du traitement, a été réalisée dans nos stations, par l'une ou l'autre méthode classique:
- a. l'ozonation dans de grands centres urbains, selon un brevet français mais assorti de perfectionnements dus aux ingénieurs belges: abaissement de la fréquence du courant, d'où simplification et compacité; inoxydabilité des appareils; régénération au gel de silice; renforcement de l'émulsion eau-ozone;
 - b. la chloration au moyen d'hypochlorites stabilisés, injectés en solution par des chloromètres à dosage proportionnel (parfois télécommandé). De multiples essais ont démontré que c'est la méthode de désinfection la plus adéquate, surtout dans de petites stations, en raison de sa simplicité, de la modicité des coûts d'investissement et d'exploitation, en l'absence de source économique d'énergie. Elle peut être améliorée par post-ammoniation, superchloration et break-point, et se prête au contrôle rapide in situ par test colorimétrique: OTA à l'arséniate de soude, souvent à l'orthotolidine (comparateur de Hellige), ou par titration iodométrique, le 2^e à la portée d'un opérateur non qualifié.
- vii) La neutralisation de l'acidité résiduelle de l'eau traitée s'impose pour préserver de toute attaque les canalisations et réservoirs, grâce à une addition d'eau de chaux issue d'un saturateur, à contrôle automatique. (C'est une correction étrangère à la salubrité).

c) Eaux souterraines.

- i) Faciès: La plupart des eaux captées au Congo sont agressives, parce que d'un faible degré hydrotimétrique, de teneur minime en bicarbonates, riches en CO₂ libre et de pH très bas, parfois chargées de fer dissous, même complexé et des plus gênant. Mais à l'opposé des eaux superficielles, elles sont pauvres en matières organiques, en chlorures et phosphates, d'excellente qualité bactériologique et de composition stable. Il faut classer à part les eaux de sources alcalines, fortement minéralisées et riches en oligoéléments multiples des régions métamorphisées ou volcaniques de l'Est, et les eaux calcaires de certaines formations calcaro-dolomitiques du Katanga et du Bas Congo.
- ii) Prospection: Le matériel de sondage doit être choisi simple, de grande robustesse et d'extrême mobilité en prévision de son service dans la brousse et du franchissement obligé de nombreux cours d'eau ou marigots.
 - a. Pour les reconnaissances d'approche préliminaire en terrains meubles et pour les profondeurs limitées à environ 20 m, la petite sondeuse à main à plateau dite "banka" s'avère un outil pratique.
 - b. La sondeuse de type moyen a rendu d'excellents services pour les forages de recherche et d'exploitation dans toutes les formations sédimentaires de terrains meubles. Elle est montée sur remorque à pneumatiques, avec flèche d'au moins 7 m inclinable pour le transport, de manière à permettre une mise en place rapide. Ce matériel convient à souhait pour l'étude et l'exploitation des nappes par puits tubés avec gaine de gravier filtrant

et crápine dans les formations alluvionnaires, cas le plus fréquent, et dans les zones de basse altitude. La transition du sondage à l'exploitation est immédiate: il suffit de substituer les maîtresses tiges de pompe aux tiges ordinaires de sondage suspendues au socket du câble. En variante la méthode de creusement par injection d'eau en diamètre uniforme de 0,10 m a donné d'excellents résultats dans les formations meubles, récentes ou actuelles, qui s'étendent sur les 3/4 de la superficie du Congo et sur une profondeur moyenne de + 100 m. Des essais avaient été entrepris sur des tuyaux plastiques rigides pour le soutènement et comme colonne de pompage. Certains modèles de filtres américains à orifices d'entrée en trapèze s'ouvrant vers l'intérieur ont été avantageusement adoptés pour prévenir le colmatage et la corrosion; également des filtres en matière plastique. Une version du système, à priori séduisante par son extrême célérité d'exécution sans gros outillage ni personnel spécialisé, est le puits instantané ou "well point" pour des exhaures jusque 6 - 7 m. Des essais d'utilisation en sable fluent se sont soldés par des échecs, le débit du puits tombant très vite par engorgement du tube filtrant foncé directement dans le sable aquifère.

- c. Pour les puits forés à grande profondeur et à travers des roches compactes c'est à la sondeuse type semi-lourd universel qu'il faut recourir, avec tour démontable indépendante et table de rotation pour travail à la couronne substituable au trépan selon nature de la roche; le diamètre utile des colonnes de tubes est dégressif de 0,30 à 0,10 m. L'emploi de couronnes à concrétion diamantée avec système d'avancement sensitif s'est révélé avantageux en raison des vitesses de progression et durées de travail considérables dans les bancs durs.
 - d. Le creusement à main de puits ouverts à grande section, reste limité au cas des nappes phréatiques de profondeur inférieure à 3 m, et grevé de difficultés notoires de soutènement, de consolidation des roches et d'exhaure pour un cube d'eau de quelque importance; dans les couches friables le cuvelage en béton, même armé, s'impose.
- iii) L'équipement des puits pour les communautés en milieu rural a nécessité de longues mises au point du matériel qui doit résister quasiment sans entretien aux manipulations maladroites des usagers et aux manœuvres destructrices des enfants. Chaque organe a dû être spécialement conçu et renforcé en conséquence, aisément amovible et inoxydable. Pour les profondeurs jusque 15 m, la pompe à levier ou balancier convient le mieux; avec piston dans le corps de pompe si la profondeur n'excède pas 8 m; avec "travaillante" attelée sur maîtresse-tige au-delà de 8 m. Pour les puits de grande profondeur et gros débits la pompe doit être du type mécanisé à commande rotative (pompe blindée à volant). Pour les captages horizontaux le style d'aménagement a été aussi normalisé sous forme de citerneaux de puisage en béton à éléments coulés sur place.
- iv) Pour une grande agglomération du Congo a été essayé le système de captage à très gros débits par puits à drains horizontaux rayonnants,

selon une technique américaine, dont il existe une variante suisse. Les avantages en sont connus. Mais cette solution requiert, on n'y saurait assez insister, des études préparatoires extrêmement soignées par des spécialistes compétents en hydrogéologie. L'exécution postule, elle aussi, les plus grands soins.

- v) L'équipement devra le plus souvent être complété par un poste de neutralisation opérant selon un processus parfois intégré dans un traitement de déferrisation de l'eau. Dans les stations isolées nous conseillons la filtration gravitaire sur masse neutralisante à réglage autonome d'équilibre. Les essais de vaccination aux polyphosphates n'ont pas été concluants.
- vi) L'hydrogéologie des sites congolais appellerait à elle seule d'énormes développements et ne peut être traitée dans le cadre exigé de cet exposé. Signalons seulement la mise à contribution, très efficace, des méthodes géophysiques pour "déblayer le terrain".

3. DISTRIBUTION ET ORGANISATION.

a) Sous l'optique de l'accroissement de productivité en exploitation, sont à signaler: -la normalisation généralisée du matériel, -la mécanisation intensive des chantiers, -l'utilisation des tubes en P.V.C. et en polyéthylène, formule d'avenir, - la détection électronique des fuites, -l'usage de compteurs hypersensibles; et, pour certains travaux, le concours de laboratoires d'hydraulique ainsi que de mécanique du sol. Mais le bénéfice de ces disciplines ne peut être acquis que dans un état d'évolution avancée.

b) Pour clore le bilan des réalisations rien ne vaut l'éloquence des chiffres. En 1960, le volume global des ventes d'eau de la REGIDESO qui exploitait les services publics s'est élevé à quelque 40 millions de m³, contre 100.000 m³ au départ, vers 1933; le développement des réseaux à environ 5.000 km pour 49 centres urbains et ruraux desservis au Congo et 27 au Ruanda-Urundi; 20 nouveaux centres étaient en cours d'équipement. Les contributions totalisées des secteurs public et privé assuraient l'alimentation en eau saine à 8.575.000 autochtones (45% de la population correspondante) et à 100.000 européens (85%). Pour les seuls territoires sous mandat 4.285.000 habitants (96% env.) bénéficiaient de la distribution d'eau potable. L'intervention des tiers: entreprises privées et organismes de caractère philanthropique, en particulier les missions et services médicaux

n'intéressait pas moins de deux millions d'âmes. Par rapport à 1940 il s'agit, pour l'ensemble des territoires, d'une progression au multiplicateur 160, tandis que le prix de l'eau s'était à peine accru de 20% malgré une dépréciation monétaire au coefficient 3.

c) Pour une appréciation objective de ces résultats l'on se doit d'évoquer les entraves matérielles de toute nature et les obstacles psychologiques à surmonter pour fournir l'eau pure à 19 millions d'autochtones dont les 3/4 isolés dans la sylve impénétrable ou la brousse aride, confinés dans une vie de clan à l'écart du circuit économique. La tâche fut ardue mais exaltante et fructueuse.



**UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS**

E/CONF.39/A/134

17 Oct.1962

ORIGINAL : ENGLISH

Agenda Item : A.4.2.5

United Kingdom

FUEL CELLS

**By F.T. BACON,
M.A., A.M.I. Mech.E.**

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.
3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

FUEL CELLS

by

F.T. Bacon, M.A., A.M.I. Mech.E.

1. Definition of the term "Fuel Cell".

A fuel cell can be defined as an electrochemical device in which the chemical energy of the reaction of a conventional fuel and air is converted directly into electrical energy. The fuel and air are supplied continuously to the cells through pipes, and the reaction products must also be removed continuously. The essential difference between fuel cells and heat engines is that in the former case the chemical energy is converted directly into electricity, without having first to be converted into heat energy; thus fuel cells are not subject to the limitations of the Carnot cycle, and they therefore hold out the prospect of a higher overall efficiency of conversion.

2. Advantages of fuel cells, compared with more conventional sources of electrical energy.

(a) The fundamental advantage of fuel cells is that, as mentioned above, they are not subject to the limitations of the Carnot cycle. The theoretical efficiency of the hydrogen/oxygen fuel cell at atmospheric temperature and pressure is about 83 per cent, and practical efficiencies of 50 to 70 per cent have been demonstrated under working conditions, the higher efficiencies in this case being obtained at low loads. In many applications, for example, the propulsion of vehicles, the fact that the highest efficiency is achieved under conditions of light load could be a very real advantage, because vehicles, both road and rail, are operated on relatively light loads for a large proportion of the time.

(b) Another important advantage which fuel cells, in common with many other types of battery, possess, is the ability to take large overloads for short periods of time; this is particularly valuable for traction applications, where rapid acceleration from rest is often of great importance; and a high starting torque for farm tractors and earth moving equipment of all kinds is sometimes vital, clutch and gearbox both being eliminated.

(c) Other advantages, which may or may not be important, depending on the application, are complete silence and lack of vibration, the fact that there are virtually no moving parts, and the fact that very complete combustion of the fuel should be attained, leading to lack of noxious exhaust fumes and smoke. Also, it should be possible to make the hydrogen/oxygen cell completely reversible, with further development. [1]

[1] Bacon, F.T. Energy Storage based on Electrolysers and Hydrogen/Oxygen Fuel Cells. United Nations Conference on New Sources of Energy. Paper No. E/CONF. 35/GEN/9 (1961).

3. Basic reasons why fuel cells are not yet available for commercial purposes.

(a) The basic reasons in the past, and to a certain extent even now, for lack of reliability of fuel cells over long periods, are associated with corrosion of internal parts, in the presence of a strong electrolyte and oxygen, the gradual loss of catalytic activity of the electrode surfaces, the gradual flooding-up of wet-proofed carbon electrodes under certain conditions, leading to a loss in activity with time, and the slow creepage of molten electrolytes where these cannot be fully contained. All these problems are being worked on, and a number of ingenious solutions have already come to light.

(b) Another basic reason why fuel cells have not yet been adopted for general use is the fact that, so far as the author is aware, no complete working cell has yet been demonstrated which will operate really effectively on a commercially available hydrocarbon fuel, and air. Lastly, there is the difficulty of high capital cost; nearly all new devices suffer from this disadvantage, and it is only possible to overcome it when radically new production techniques have been worked out in practice.

4. Types of Cell which could be considered for use in the less developed areas of the world.

(a) It is convenient to classify the types of fuel cell proposed so far, into those working at atmospheric temperature up to say 100°C, those working at a medium temperature, around 200°C, and those working at a high temperature, say 550°C and upwards, with electrolytes of fused salts. It would seem probable that for ordinary commercial purposes, low temperature cells are likely to be used in small units, up to say 10 kW or rather more, in which rejection of waste heat is not likely to be a serious problem; medium temperature cells may be used in rather larger sizes, where it will no doubt be important to have as high a performance as possible so as to keep the capital cost down, rejection of waste heat, even with a high ambient temperature, being quite easy; whereas high temperature cells may be best suited for comparatively large scale generation of power, where the time taken to heat up from cold would be of relatively minor importance.

(b) Many types of low temperature cell have been tried and new types are constantly being described in the literature (it is impossible to list them in this short paper, but see Refs. [2] and [3]). Most of these low temperature cells use hydrogen or hydrazine (N_2H_4) as fuel, though it has been shown that methanol will also react; it has also been shown that air may be used in place of pure oxygen without much drop in performance.

(c) The only medium temperature cell which has been described in any detail is the one with which the author has been associated over many years. This cell always suffered from the disadvantage that it worked under considerable pressure, because of the rather high vapour pressure of the

[2] Young, G.J. Fuel Cells. Reinhold Publishing Corporation, New York. (1960).

[3] Fuel Cells, Power for the Future. Fuel Cell Research Associates, Cambridge 38, Mass., U.S.A. (1960).

electrolyte, and this made it difficult to use air instead of oxygen, especially in small sizes, owing to the cost of compression; however, a modified version of the cell is being developed in the United States, initially for an important space project, and this cell will work at less than one atmosphere gauge pressure of oxygen; this should make it possible to use air, later on, for commercial applications. Hydrogen is the only fuel which has been shown to be effective in this type of cell.

(d) Lastly, high temperature cells using electrolytes of fused salts, usually carbonates, are being worked on by many different organisations. These cells, which operate at 500-700°C, have the great advantage that they will consume impure industrial gases, or vapourized hydrocarbons such as kerosene, and air. So far, it has not been possible to maintain a very high performance over a long period, and there are still some practical difficulties to be overcome; so the basic research work is still being done on small size single cells of relatively low power.

5. Types of fuel which can be considered for use in fuel cells.

(a) Almost all fossil fuels could be considered for operating fuel cells, but it must be clearly understood that most would require treatment of some sort before being fed into the cells. For example, liquid hydrocarbon fuels would have to be refined and gasified, although it must be conceded that certain workers have shown that liquid methanol will react when mixed with an electrolyte, though the reaction probably does not go to completion. Also, it has been shown that the rather special fuel, hydrazine, will react very well when mixed with the electrolyte; and cracked ammonia is also an attractive fuel for small units.

(b) As far as the author is aware, nobody has yet shown that a complete fuel cell will operate really successfully at a low, or even a medium temperature, on a hydrocarbon fuel (methanol is excepted, and is not strictly speaking a hydrocarbon in any case), though some success has been recorded with a fuel electrode alone. Even with high temperature cells, the trend now seems to be to react a hydrocarbon, such as natural gas, propane or butane, with steam in an external reformer, so that in fact the cell is fed with a mixture of hydrogen and carbon monoxide, both of which gases will react readily.

(c) As regards medium and low temperature cells suitable for commercial use, by far the most suitable fuel is hydrogen; it has been shown that carbon monoxide will also react at these temperatures, but the most promising cells, in the author's opinion, operate with an alkaline electrolyte, and all the carbon in the fuel will react to form carbonate. This in turn would mean the addition of a fairly large electrolyte regenerator, which is an added complication and which would be expensive to operate.

(d) The question then naturally arises as to whether a commercially available liquid hydrocarbon fuel, or natural gas (largely methane and ethane), or methanol could economically be converted, probably in a steam reformer, into relatively pure hydrogen, the latter gas being fed into the cells. Methanol would be the easiest fuel to treat in this way, but other less expensive fuels are liquefied petroleum gases (propane and butane), naphtha and on a larger scale even crude oil, besides natural gas which is in many areas the cheapest source of hydrogen that there is. The conversion

of various fuels into a form, suitable for use in a fuel cell, is discussed in Sections 7 and 8.

6. Effect of using air in place of oxygen.

(a) It can be said in principle that all types of fuel cell could be made to work on air instead of pure oxygen, though a great deal of the early work on medium and low temperature cells has in fact been done with oxygen; high temperature cells are normally operated on air without any difficulty. The main disadvantage associated with the use of air is a lowering in cell performance, due to the lower oxygen partial pressure; precise figures cannot be quoted at present. The other difficulty is associated with the gradual carbonation of alkaline electrolytes from the CO_2 content of the air, though this may not be as rapid as might be feared. Considerable experience is now being obtained in fuel cells using air, and the results have been distinctly encouraging; it has been found possible to consume quite a large fraction of the oxygen in the air, without a perceptible loss in performance.

(b) Without going into any detail it can be said that the use of air instead of oxygen is bound to raise certain difficulties, but these are by no means insuperable. It is realized of course that fuel cells must be made to operate on air before most commercial applications can be contemplated.

7. Efficiency of gas production, using liquid fuels; efficiency of fuel cells; and overall efficiency expected from complete plant.

(a) It has perhaps not been sufficiently realized in the past that the plant for producing a gaseous fuel acceptable to a fuel cell, from a commercially available and easily transportable liquid fuel, is of equal importance to the fuel cell itself. It is also important to view the plant as a whole, and perhaps to integrate it, so that for example waste heat from the fuel cell can be used effectively in the gas producer. It is only by careful design and forethought that the overall efficiency of the whole plant will exceed that of the best heat engine. One other important point is that in the past most gas production plants, especially for relatively pure hydrogen, have been of large size, and small plants have not been fully developed yet. The subject is a very large one and it is only possible to touch on one or two aspects of it in this paper.

(b) There seems little doubt that for small scale applications, using low or medium temperature fuel cells, the methanol-steam reaction has many advantages; the carbon dioxide in the gas produced is usually absorbed in monoethanolamine (MEA) solution. The purity of the hydrogen produced in this process is rather over 98 per cent, which should probably be acceptable for most types of fuel cell; and the process can be carried out at pressures up to 20 atmospheres or even more, if desired. Alternatively, the separation of the hydrogen from the CO_2 etc. can be done in a hydrogen diffusion cell, in which the hydrogen content of the gas mixture diffuses through the walls of small bore palladium alloy tubes, at $300\text{--}400^\circ\text{C}$ and with a pressure difference of up to 27 atmospheres, thus securing a gas purity of practically 100 per cent; these diffusion cells have only been developed during the last few years, and would appear to be extremely promising for use in conjunction with fuel cells, if they can be made cheaply enough.

(c) In cases where methanol is too expensive, liquefied petroleum gases, naphtha, or even heavy fuel oil could be used; but with these fuels, the

gas from the reformer which operates at about 800°C, is largely hydrogen and carbon monoxide, and as the latter gas presents certain difficulties in low and medium temperature cells, one or even two stages of water-gas shift at about 400°C would be required, followed in each case by removal of the carbon dioxide. This, together with the probable necessity of feed desulphurisation, with naphtha or fuel oil, inevitably makes the plant more complex, and thus makes it likely that these fuels could only be economic in rather large plants. In this respect, high temperature cells possess a great advantage in that both hydrogen and carbon monoxide can be consumed electrochemically, and moreover they are quite unaffected by sulphur and other gaseous impurities, thus, a simple steam reformer is all that would be required, and some waste heat from the cell can contribute to the reforming reaction.

(d) The cheapest source of hydrogen is generally natural gas, which can be converted into hydrogen either by steam reforming or else by partial oxidation; with a large plant, producing enough gas to generate 35 MW in a fuel cell, the overall cost of hydrogen produced by the latter process has been stated to be as low as 0.34 penny/kWh produced in the cells; with smaller plants, the cost at present is much more than this, and may be perhaps 1.5 penny/kWh for a plant generating 1.4 MW.

(e) As regards thermal efficiency of hydrogen production, using say steam reforming of naphtha, it is believed that at the present time this will be 60-65 per cent for a plant supplying a 120 kW fuel cell, and about 49 per cent for a 3 kW unit; this includes purification with a palladium diffuser; efficiencies are rather lower than this with other methods of purification. However, it is believed that the efficiency of even the smaller unit could be brought up to 60-70 per cent with further development. Larger reformers have an efficiency of 80-85 per cent.

(f) With regard to the thermal efficiency of fuel cells, it is important to distinguish between free energy efficiency, and the efficiency based on the total heat of the reaction; when making comparisons with heat engines, it is necessary to take the latter figure, which, for hydrogen/oxygen cells, is substantially lower than the former. In the case of heat engines, the higher calorific value of the fuel should be taken, for a fair comparison. If the hydrogen/oxygen cell can operate at 1.0 V, the efficiency, based on the total heat, will be about 67 per cent; at 0.9 V it will be 60 per cent, and at 0.8 V it will be 54 per cent. As development proceeds, the working voltage is gradually being raised, and it is thought that it would now be fair to take a figure of 1.0 V at a reasonably high current density.

(g) Taking the two most optimistic efficiencies, namely 70 per cent for a small gas producer and 67 per cent for the fuel cell, the overall efficiency would be about 47 per cent; no allowance has been made for the possible integration of gas producer and fuel cell, and this would have to be worked out in detail before any figures could be quoted. And in a larger installation, with a reformer efficiency of say 80 per cent the overall efficiency would be 54 per cent. Using a high temperature cell it is believed that the efficiency of gas production could be in the region of 85 per cent; even if the efficiency of this type of cell is only 60 per cent, the overall efficiency would be 51 per cent.

8. Estimates of capital cost of gas production plant and fuel cells.

(a) It is thought that the best basis for an estimate of capital cost of gas production plant is pounds sterling per kW output from the fuel cell, assuming that 17 standard cubic feet per hour of hydrogen will produce 1 kW; this consumption rate may be improved somewhat, if cell efficiencies continue to rise. The capital cost varies greatly with the scale of the plant, large units being far cheaper per kW than small ones; it also varies according to the nature of the feedstock, the purity of gas required and the pressure.

(b) It has unfortunately been impossible to obtain costs for small gas producers, as these have not been fully developed yet; at present, it appears that the cost would be excessive for any commercial application. For a medium sized steam reforming plant of 1.2 MW, the cost might be £65-£77/kW for a plant generating 97% purity hydrogen (remainder CH_4) from fuel oil; for a plant of 2.5 MW, the cost would be £49-£55/kW; an American cost as low as £40/kW has been quoted for the latter size. If on the other hand impure hydrogen can be tolerated, a recently developed European process using liquefied petroleum gases and a top temperature of only about 600°C shows a cost as low as £16/kW; this process is a combination of partial oxidation and steam reforming and refers to a plant of 16 MW. There is great activity at the present time in the development of new processes for manufacturing hydrogen, and it is believed that the capital cost will continue to fall. If the hydrogen can be separated from impurities in a palladium alloy diffuser, the whole plant would be greatly simplified; but as this process is relatively new, the manufacturers prefer not to quote definite figures for capital cost at present.

(c) The capital cost of fuel cells is very difficult to assess at the present time, as none have so far been manufactured for sale, as far as is known. However, it is believed that a cost of £50/kW should be achieved for units of say 100 kW, in the present state of knowledge, for the medium temperature cell with which the author has been associated; this figure must be regarded as very tentative, as very few data are available for operation of this type of cell at low pressures, and the effect of using air instead of oxygen has not been properly assessed yet. Much lower costs have in fact been quoted in certain publications [3], and this tends to show that fuel cells are not inherently expensive; for example, a figure of £29/kW is quoted for a low temperature cell, assuming large production: another independent estimate gave only £14/kW for the medium temperature medium pressure cell, when used on a large scale.

(d) The above capital costs can be briefly summarised as follows, average prices being taken for the gas producers:-

	1.2 MW	2.5 MW	16 MW
Cost of gas producer	£71/kW	£52/kW	£16/kW
Cost of low temperature fuel cell	£29/kW	£29/kW	-
Cost of medium temperature fuel cell	£50/kW	£50/kW	-
Cost of high temperature fuel cell	-	-	£82 [3]
Total cost for low temperature fuel cell	£100/kW	£81/kW	-
Total cost for medium temperature fuel cell	£121/kW	£102/kW	-
Total cost for high temperature fuel cell	-	-	£98/kW

[3] See [3] on p. 2.

(e) If the figure of £14/kW can finally be achieved for the medium temperature cell, the total cost for a 2.5 MW unit would fall to £67/kW. Lastly, if a D.C./A.C. inverter is required, the cost would be between £10 and £15/kW [1], and this should be added to the above figures; if the solid state type of inverter can be used, the cost would be much less. It will be realised that these figures are very tentative, but are perhaps better than nothing; the main reason for quoting them at all is to show the importance of the cost of the gas producer.

9. Applications for which fuel cells may be particularly suited.

(a) It is probably true to say that, apart from special applications such as in space vehicles or in submarines, fuel cells are most likely to be used first in applications where for some reason the fuel used is relatively expensive, as in remote areas; and also in cases where direct current is required, for example as an alternative to diesel-electric generators either for railway traction or ship propulsion; in both these cases, electric drive has special advantages, and direct current is preferred.

(b) It is too difficult at present to express an opinion about the large scale production of power for electric supply in fuel cells, but in the less developed countries where there is no electricity grid, and where the size of units required is fairly small, the chances of competing with conventional generators would be much better, especially where natural gas is available; moreover, the large overload capacity could be of great value in dealing with peak loads of short duration. Large amounts of natural gas are still being wasted in certain oilfields; this could either be used for electricity generation in fuel cells in the surrounding areas, the gas being distributed in pipelines, or liquefied for oversea transport; or alternatively it could be converted into methanol, distributed in tankers or pipes, and used in small fuel cell power stations. It is conceivable that electrochemical industries could be set up in areas where very cheap natural gas is available, the low voltage direct current produced being led straight to the electrochemical cells with no need for rectifiers and transformers.

(c) Some interesting comparative figures for costs of small scale electrical transmission and diesel-generation are given in a recent paper by E.W. Golding on "Power from local energy resources" [4]. The capital cost of diesel generating sets varies, but a representative figure for a plant of several hundred kilowatts capacity is said to be £50/kW.

(d) When a really practical cell is produced which will consume raw hydrocarbons, or alternatively hydrogen containing a large percentage of impurities, the range of application will be vastly increased. And if a cell is finally developed which will consume say propane, and air, at a low temperature, the propulsion of heavy road vehicles and earth moving equipment might become a practical proposition.

(e) Apart from the initial difficulty of high capital cost, it is essential to demonstrate reliability over thousands of hours; the space programme should provide the answer to this very soon. Lastly, it will be

[1] See [1] note on p. 1.

[4] Golding, E.W. Power from Local Energy Resources. United Nations Conference on New Sources of Energy. Paper No.E/CONF. 35/GEN/5 (1961)

necessary to build a number of complete plants, including gas production from a commercial fuel, and automatic controls to take care of varying loads, temperature control, removal of reaction products, besides control of start-up and shut-down procedure etc.; this will cost money, but it will undoubtedly be carried out by various organisations during the next few years.

10. Conclusions

(a) It seems almost certain now that a really dependable fuel cell of some kind will be produced during the next few years. But before fuel cells can compete on level terms with heat engines, it will be necessary to reduce the capital cost of the whole plant; it should be possible to achieve this, with respect to low and medium temperature cells, either by adopting a radically different method of hydrogen purification, for example in a palladium alloy diffuser, or else by developing a selective hydrogen electrode which will use the hydrogen content of the gas and reject the rest; and with respect to high temperature cells, by improving the performance by a sufficient amount to bring the capital cost of the cell itself down considerably. It is believed that the overall efficiency of the whole plant, including gas production, is already at an acceptable level, even with quite small plants.

(b) If a practical low or medium temperature hydrocarbon/air cell is in fact evolved, the whole position would be altered; a methanol/air cell is probably nearer, but a practical system has not yet been achieved. Rapid strides are now being made in fuel cell technology in many different countries, and it seems almost certain that fuel cells will come into use for special purposes, such as space exploration, during the next few years, for special kinds of commercial application a few years later, followed by the ultimate goal of application for general purposes, competing on level terms with heat engines, within at the most ten years from now.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to thank members of the staff of the B.P. Research Centre for help in preparation of this paper; also Mr C.H. Secord, consultant to Constructors John Brown Ltd. He would also like to thank the Board of Energy Conversion Ltd. for permission to publish the paper.

1074 E - Oct.1962 - 1,600



E/CONF.39/A/135

17 Oct.1962

ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.3

Italie

L'EMPLOI DES TECHNIQUES HYDRAULIQUES
DANS L'INTERET DES REGIONS SOUS-DEVELOPPEES

Par Dr Giovanni PADOAN ,
Ingénieur,
Président du Conseil supérieur
des Travaux publics d'Italie

et Dr F. MARZOLO,
Ingénieur,
Professeur à l'Université de Padoue

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

L'EMPLOI DES TECHNIQUES HYDRAULIQUES DANS L'INTERET DES REGIONS
SOUS-DEVELOPPEES

Par l'Ing.Dr. Giovanni Padoan, Président du Conseil Supérieur des Travaux Publics d'Italie et l'Ing. Dr.F. Marzolo, Professeur à l' Université de Padoue.

1. - Généralités.

- a) En lisant les instructions programmatiques bien préparées pour cette réunion, on relève d'une manière vraiment expressive, qu'une grande partie des aides qui peuvent être concédées aux Régions sous-développées, dans le but d'encourager leur prospérité, appartiennent au domaine de l'hydraulique.
- b) C'est pourquoi que^{pour} les pays qui ont une tradition d'études et de réalisations hydrauliques, cette réunion est d'un intérêt particulier. Elle sera suivie avec attention non seulement par les ingénieurs et les chercheurs, mais aussi par les Organes d'Etat et par les particuliers. En général par tous ceux qui ont l'intention d'assister les Régions moins-développées dans leurs efforts d'achever un progrès, d'adresser les initiatives de leur propre Pays vers telles aides et d'en encourager l'emploi par des dispositions appropriées.
- c) Naturellement les considérations que nous allons présenter regardent particulièrement l'Italie, mais toujours dans le domaine et aux fins de la coopération des Nations Unies , dans l'intérêt des Régions moins-développées, qui a été établie précédemment, constituant un devoir moral et une tâche élevée pour toutes les Nations évoluées.

2. - Formation de nouveaux ingénieurs.

- a) Nous sommes de l'opinion qu'un premier groupe de considérations devrait regarder l'adresse et le déroulement des études pour la formation des ingénieurs jeunes et nouveaux.
- b) L'accès des étudiants aux Facultés universitaires pour les ingénieurs ainsi qu'aux Ecoles polytechniques d'Italie

est possible seulement après avoir fréquenté pendant 13 ans avec de bons résultats les écoles élémentaires et secondaires. Les études universitaires ont la durée de 5 ans et bien qu'elles se déroulent en diverses sections séparées, elles donnent aux étudiants une assez vaste et éclectique préparation, outre qu'une culture scientifique et technique. Ils peuvent acquérir une certaine versatilité et capacité d'orientation en présence de problèmes et de situations variés et complexes, ce qui leur procure une appréciation même dans des pays lointains.

- c) Une ultérieure et bien désirable amélioration de la préparation de jeunes ingénieurs est représentée par la connaissance de quelques langues étrangères modernes. Il y a quelques années que l'étude de langues était obligatoire pour les ingénieurs et bien que ces études n'étaient pas rigoureuses, le principe était utile. Depuis 1959 ces études ont été éliminées et leur réactivation serait bien désirable.
- d) Si l'on est d'avis de ne pouvoir pas établir des cours universitaires de langues étrangères pour les étudiants de ces écoles, ceux-ci devraient être au moins encouragés à étudier quelque langue étrangère pour leur compte. Même si l'on ne prétend pas des examens de cette matière, on en devrait tenir compte au moins pour la détermination de la classification dans le diplôme qui devrait exprimer un chiffre de mérite. Il n'est pas douteux que la connaissance d'une langue étrangère élève la valeur d'un jeune ingénieur.

3. - Connaissances hydrographiques.

a) Les programmes d'études dans les écoles polytechniques comprennent déjà bien de références descriptives de documentation en relation avec des travaux techniques achevés dans le monde entier.

Mais il serait utile que cela pourrait s'accentuer, en considération des nécessités et possibilités principales, spécialement en relation avec les conditions hydrographiques. Ces conditions sont en effet de grande importance pour individualiser et déterminer les problèmes de développement qui intéressent la matière.

b) Dans quelques facultés polytechniques il y a déjà un enseignement de l'hydrographie, lequel cependant devrait être développé de manière qu'il ne soit pas seulement théorique et statistique, mais aussi physique et descriptif, comprenant l'étude des fleuves, des lacs et mers

des divers pays, leurs principales conditions hydrographiques leurs besoins et problèmes.

c) On devrait faire connaître (même si seulement par des monographies), les ressources hydrauliques qui sont utilisées et celles qui peuvent être utilisées, les principaux achèvements de la technique

hydraulique, les oeuvres principales dans ce domaine en cours de réalisation et les initiatives dans les divers pays plus ou moins développés, avec référence particulière aux Régions les plus intéressées à une assistance aux fins de leur progrès technique et économique.

d) Des conférences (à organiser avec la contribution des autorités consulaires) pourraient être très utiles, ainsi que quelques voyages d'étude, qui sont particulièrement intéressants pour les jeunes gens désireux de connaître d'autres pays, dont l'enthousiasme est ainsi stimulé.

4. - Pays assistés et Pays assistants.

a) Il est évident que les Nations Unies ont l'intention d'encourager et d'améliorer la prospérité des Pays et Régions moins développés, non pas pour des avantages propres, mais à cause de raisons d'humanité et de solidarité humaine.

b) A considérer l'étendue de ces tâches, elles pourraient être effectuées seulement dans le champ désiré par les Pays qui désirent être assistés par les Nations Unies dans le but d'accroître leur progrès et de mieux développer leur prospérité. Nous pensons donc qu'à la suite de cette conférence de Genève et sous les auspices des N.U. on devrait préciser par une organisation internationale quels sont les Pays et Régions sous-développés, qui désirent être assistés et aidés, en désignant un Pays développé qui devrait agir comme assistant (au nom des Nations Unies).

c) Cette désignation est une proposition à soumettre à l'approbation des Nations Unies, du Pays assisté (A) et du Pays assistant (B).

d) Dès que la proposition est approuvée, il faut que le Ministère des Travaux Publics du Pays "B" charge un de ses hauts fonctionnaires-experts (en l'étant de son rôle) ou bien un ex-fonctionnaire, comme Technicien-Conseil pour prêter au Pays "A" l'assistance pour compte des N.U. L'Ingénieur-Conseil sera à la tête de l'organisation chargée du service d'assistance fourni au Pays "A" (sous-développé) par le Pays "B" (développé et désigné par les Nations Unies).

- e) En Italie jusqu'à la première guerre mondiale la politique des Travaux Publics avait un caractère unitaire et elle a été développée par le Ministère des Travaux Publics, au moyen de son corps du Génie Civil (à l'exception des oeuvres qui intéressaient les Ministères Militaires). Successivement cette politique unitaire a été fractionnée, malgré qu'elle eût une tradition bien définie et qu'elle eût donné au Pays de très bons résultats. Ces fractionnements étaient donc certainement inopportuns (comme M. Mario Pincherro, Président de l'Association Nationale des Ingénieurs et Architectes Italiens l'exposa dans une étude très appréciée du 7 avril 1962).
- f) Il est donc sans doute convenable de choisir en Italie ce Conseiller parmi les "hauts fonctionnaires" ou "ex-fonctionnaires" du Génie Civil, avec la certitude d'y trouver une personne experte de l'organisation et de la direction du service en question, qui possèdera aussi un certain éclectisme, ce qui est nécessaire et que l'on peut trouver, généralement auprès du Génie Civil.
- g) Dans les autres Pays, la dénomination des Corps Techniques, où l'on peut trouver un Conseiller, peut être diverse, mais il est convenable que celui-ci soit un ingénieur représentant direct du Ministère des Travaux Publics (qui existe dans tous les pays).

5. - Etudes techniques et projets.

- a) Il est évident que l'assistance par le Pays "B" au Pays "A" pour l'exécution dans ce dernier de nouvel aux travaux hydrauliques doit commencer par l'individualisation des problèmes et par la préparation des études et des projets.
- b) Dans ce but il n'est pas nécessaire de créer dans le pays assistant une organisation complexe et coûteuse; il suffira que le Conseiller forme et organise un bureau de liaison, réduit au minimum possible.
- c) Dans tous les pays développés il y a des Bureaux Techniques privés et des Organisations similaires (ayant parfois une capacité remarquable) qui seront en conditions d'effectuer les relèvements nécessaires et les projets provisoires et ensuite ceux exécutifs.
- d) Par conséquent les tâches du Conseiller seront particulièrement les suivantes : (1)

(1) Naturellement ce n'est qu'une indication à titre d'exemple, laquelle ne peut pas être complète; mais c'est d'ici que l'on devra partir.

i) l'individualisation des problèmes (soit en envoyant des experts soit en visitant personnellement le pays assisté "A" pour y recueillir des données et des informations et en invitant des connaisseurs locaux) et l'élaboration des programmes, dont le Conseiller fera rapport périodiquement aux Nations Unies;

ii) le choix du Bureau Technique ou de l'organisation industrielle pour l'exécution des relèvements nécessaires et des projets (premièrement les projets provisoires et ensuite ceux exécutifs) ;

iii) La prise des accords appropriés avec le Gouvernement du Pays assisté "A" et avec les Nations Unies pour ce qui concerne le financement, l'exécution et la gestion des oeuvres. Dans ces rapports la tâche principale de l'Organisme International sera le financement, auquel le Gouvernement du Pays "A", les banques et les Organismes locaux ne pourront participer que dans une mesure réduite. Cependant il y a des Organismes Internationaux appropriés pour la reconstruction et le développement des Régions moins développées, qui devraient être en condition de fournir la plus grande partie du capital nécessaire, en concédant des prêts à longue échéance au Pays assisté (comme on l'a déjà fait en plusieurs cas).

iv) L'organisation la plus rapide possible dans le pays assisté "A" d'un Service Hydrographique, ce qui est d'une importance fondamentale pour l'utilisation des ressources hydrauliques et pour le développement des oeuvres. Ce Service prendra graduellement un développement dans le pays assisté, mais entre-temps il devra urgemment effectuer les relèvements et les mesures hydrographiques les plus nécessaires pour la documentation des projets en cours ;

v) Maintenir les contacts avec les Organismes et les personnes du pays assisté, pour assurer l'instruction des jeunes et pour préparer la formation de techniciens qualifiés.

6. - Choix des travaux hydrauliques

dans l'intérêt des Régions moins développées.

- a) Les critères pour établir les travaux choisis dans l'intérêt du pays assisté, évidemment, ne peuvent pas être généralisés, puisqu'ils dépendent des caractéristiques particulières, respectives.
- b) Mais principalement le choix doit être fait de manière que l'on donne la préférence à des constructions, installations et activités capables d'assurer un succès social et économique de leur gestion, même si cela se réalisera seulement après une brève période de mise en train.

- c) Par conséquent nous pensons que les travaux suivantes d'hydraulique méritent d'être prises en considération :
- i) L'approvisionnement et la distribution de l'eau potable (aqueducs). Puisement des eaux souterraines (où il y en a). Réservoirs et lacs artificiels pour des aqueducs, ou bien pour des buts multiples.
 - ii) Des oeuvres concernant la technique hydraulique dans l'intérêt de l'agriculture. Défense des crues des fleuves. Irrigations (de genre varié) et réservoirs pour irrigation. Assainissement de zones marécageuses.
 - iii) Amélioration des rivières en vue d'en améliorer la navigabilité. Aménagement des ports fluviaux et maritimes.
 - iv) Aménagements hydroélectriques.
- d) Il est important que les programmes d'exécution graduelle des diverses oeuvres permettent la formation de lots autofonctionnels; c'est-à-dire ayant un fonctionnement et un bénéfice immédiats, pas seulement du point de vue social, mais, si possible, aussi pour assurer le plus tôt possible un profit économique.
- e) Il sera également d'importance de pourvoir à ce que tous les travaux soient maintenues en bonnes conditions de conservation, afin d'éviter qu'une gestion négligente et une manutention insuffisante puissent en causer la détérioration rapide. On doit en outre agir de manière que des actions de sabotage ne soient pas possibles.

7. - Financement et réalisation des oeuvres.

- a) Les modalités pour assurer le financement des oeuvres doivent être discutées par les Organismes internationaux et à cet effet on ne peut donner que de brèves indications, en faisant une distinction particulière entre les deux situations suivantes:
- i) Dans le premier cas il s'agit d'oeuvres construites lesquelles devront devenir la propriété de l'Etat assisté "A" ou bien d'un Consortium, d'un Syndicat, d'une Société ou d'une autre collectivité publique. Cela naturellement devrait s'effectuer contre paiement, même si avec délai.
 - ii) L'autre cas est celui où les oeuvres sont de telle nature qu'il semble préférable d'en céder la propriété à une Société appropriée et que leur gestion soit également faite par une Société ou par une Organisation publique.
- Dans ce dernier cas soit l'ONU, soit l'Etat assistant "B" devrait avoir une participation dans la Société ou dans l'Organisation.

- b) L'adjudication de la construction des travaux projetés et de la livraison des matériaux (tuyaux, etc.), des machines, etc. peut avoir lieu au moyen de concours entre firmes et entreprises appartenant seulement au pays assistant "B", ou au moyen de concours internationaux.
- c) Les concours ne doivent pas être publics et les invitations pour y prendre part doivent être limitées à des entreprises ou firmes dont la capacité et l'expérience ont été prouvées et qui méritent pleine confiance.
- d) Il n'est pas exclus (au contraire il est recommandable) que l'Etat auquel appartienne l'entreprise ou la firme, lui concède des débours ou des financements provisoires, en considération du but de solidarité humaine visé par l'ONU et en tenant compte du fait que l'Etat, en favorisant de cette manière l'activité de propres firmes et entreprises, en pourra tirer des avantages indirects.

8. - Instruction et formation de techniciens locaux.

- a) L'amélioration de l'instruction représente une condition fondamentale pour le progrès des Régions encore sous-développées.
Elle doit donc être prise en considération comme une tâche primaire, même si elle ne pourra pas être réalisée dans un temps bref.
- b) Etant donné que l'on ne peut pas différer le progrès du pays assisté "A" jusqu'à ce que les Ecoles et les centres d'études locaux se développent et donnent des résultats satisfaisants, il faut qu'un certain nombre de jeunes hommes choisis, si possible, parmi les plus intelligents et pleins de bonne volonté soient invités à se rendre pour quelques ans dans le pays assistant, dans le but d'y perfectionner leur préparation.
- c) Ces jeunes hommes doivent être vraiment des invités, c'est-à-dire qu'ils devront obtenir le logement et la nourriture gratuits et être soulagés des droits d'étude et des charges pour les livres. Il faut qu'ils soient instruits dans la langue du pays assistant, au moyen de cours rapides, grâce auxquels ils puissent obtenir une connaissance suffisante de la langue, à fin de pouvoir le plus tôt possible (selon leurs capacités et dispositions) suivre les études appropriées pour obtenir des diplômes d'experts de bâtiments, d'hydraulique, de mécanique, d'électrotechnique, d'agriculture, etc. et aussi quelque doctorat.
Il faut considérer très sérieusement ce genre d'aides au

pays assisté et le progrès culturel qu'il pourra produire, puisque de cela dérivent des appréciations substantielles et des bénéfices pour l'humanité.

9. - Conclusions

- a) Comme pour le projet et pour la construction d'un grand édifice il faut exécuter avant tout parfaitement les fondations, ainsi pour l'achèvement de l'assistance décrite ci-dessus aux pays sous-développés on doit commencer bien. Les idées et les propositions indiquées semblent être les plus simples et les plus pratiques, mais sur la base d'une prémissse fondamentale :
le financement (auquel devra pourvoir l'ONU) des dépenses que le pays assistant "B" doit supporter en donnant son assistance prévue au pays assisté "A".
- b) Ce problème particulier devrait être défini, le plus tôt possible, immédiatement après la désignation prévue au point n° 4, dans le but de pouvoir concrétiser tout ce qui est nécessaire conformément au programme.



UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.1.1

Japan

SURVEYING AND MAPPING FOR ECONOMIC DEVELOPMENT
AND NATURAL RESOURCES CONSERVATION

By Toyozo OKUDA,
Director,
Geographical Survey Institute,
Japan

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.
3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.
4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

SURVEYING AND MAPPING FOR ECONOMIC DEVELOPMENT AND NATURAL RESOURCES CONSERVATION

by
Toyozo OKUDA, Director, Geographical Survey Institute, JAPAN

1. Introduction. In this report, we would like to present a brief summary of the activities in surveying and mapping especially aimed directly at the economic development and natural resources conservation in Japan, which have recently made a rapid progress by aerial photographs in addition to the conventional geodetic surveyings. It also gives techniques in their connection.

2. Increase of requirements for large scale maps, aerial photographs, as well as topical maps for special purposes, is urgent under the severe circumstances that the population of more than 90 millions must live within narrow islands of about 370,000 sq.km. in total, of which two thirds are steep mountains and 47% of the whole population is obliged to concentrate in 1% of the whole area. Consequently most cities have been established and developed in low alluvial plain. This results that the increase of pumping out of under-ground water due to industrialization has brought a serious problem of the subsidence of ground in some cities. Similar problem also arises owing to exploitation in mining areas.

3. When we effectively avail ourselves of the limited land and natural resources, a full scientific investigation of our land is very important and thereon the integrated plannings must be proceeded. We hope that the experiences and the techniques obtained through these surveyings and mappings in Japan would be of use to the areas where the land development is of a great interest.

4. National large scale mapping project. Many aerial photographs and large scale maps were taken rather independently for various purposes. In order to satisfy their increasing requirements, avoiding unexpected repetition of surveys as well as to contribute to the governmental control on the synthetic use and conservation of land, a new "National Large Scale Mapping Project", with the purpose of the systematical coverage of the whole land by the standardized aerial photographs and large scale maps, has been carried out by the Geographical Survey Institute in co-operation with other governmental and public agencies.

(a) Subjects. The project consists of the following subjects:

(i) Aerial photographing. The aerial photographing is planned to cover the whole land in 5 years on scale 1:10,000 for the flat terrains of about 95,000 sq.km. and on scale 1:20,000 for the remaining mountainous areas. The flight direction is mainly planned as East-West.

(ii) Ground control surveying. The ground control surveyings are planned, with close connection to the cadastral survey and the existing controls, to complete the 4th order triangulation net works and the 2nd order levelling routes. At the first step, however, control points will be established mostly in narrow selected zones which are about 10 minutes apart in longitude from one another, to enable the aerial triangulation of 10-15 models.

(iii) Mapping. The mapping is planned on scale 1:2,500 for the flat terrains and on scale 1:5,000 for the mountainous areas. Contour intervals are 2 m. for the former and 5 m. for the latter respectively, but these standard contour intervals may be reduced if necessary, for example up to 0.5 m.

(b) Specification. The standards of these works are consolidated in one specification "The Specification for the National Large Scale Mapping Project", including the whole procedures from control point surveying to reproduction of maps and combined to one another in such a way that they have no contradic-

situations or gaps between them. It is prepared in close connection with other surveying specifications, for example, that for the cadastral survey. The specification includes the minimum and the most important requirements for normal mapping procedures. When any special mappings, such as high-way planning or irrigation planning maps, are considered, the necessary additional items will be supplemented.

(c) Inspection. The inspection of such a big project requires many engineers and much time; for example, we shall have more than 40,000 sets of aerial photographs and 600 sheets of maps to inspect in 1962. As it is almost impossible to carry out any inspection for all of these photographs and maps, we have adopted a kind of sampling test as follows. The results are divided into several groups, a few samples are picked up from each group at random and these samples are tested on some critical items. The original groups are classified into three grades according to the results of the sampling test: The top grade is considered to stand for the specification and is accepted without any further tests. The lowest grade is rejected automatically without any further tests. The medium grade is decided case by case with further sampling tests or more precise examination.

(d) Execution. The project started in 1960. During that year some 1,800 sq.km. have been covered by photographs, 195 control points were established and the mapping of 450 sq.km. were finished on scale 1:2,500. These works were carried out as the test case for the succeeding routine works. In 1961, photographing on scale 1:10,000 covering the most important areas of about 31,600 sq.km., or nearly one third of the flat terrain were finished with 912 signalized points and 1,692 ground control points were newly established in some of the photographed areas. All works have been executed by private surveying companies contracting with the Geographical Survey Institute under its supervision. In 1962, similar amount of works as the preceding years with the additional mapping project of some 41,000 sq.km. are planned and going on.

5. Analytical aerial triangulation. Aerial triangulation is generally thought a very effective procedure for mapping by aerial photography. Especially in areas where one may expect only a small number of control points, the aerial triangulation takes a great important part. In Japan, however, the aerial triangulation is mainly purposed to supply control points for large scale mapping such as of 1:5,000 or even up to that of 1:1,000. These mappings are mostly used for high-way construction, irrigation planning, rail-way construction and miscellaneous works in forestry etc. So that, the accuracy required for the aerial triangulation is relatively high. The scale of used photographs are mainly from 1:10,000 to 1:30,000 and the length of one strip is no longer than 15 models due to the required accuracy and the availability of dense national triangulation net works for the control points.

6. It is well known that the conventional aerial triangulation by the first order plotting instruments has been taken the place by the analytical method which is prominent in efficiency, accuracy and wide appliances for any kind of cameras with only needs for a simple comparator and an electronic computer of medium size.

7. At a certain private company the advantages of the analytical aerial triangulation have been recognized and it has been adopted as a part of their routine works since these three years. Compared with the conventional old method of which efficiency is at most 150 models per month per machine, the analytical method has a 10 times higher efficiency. Moreover, the resection data obtained by the analytical method are more convenient for plotting, because, at the time of plotting, orientation by the machine becomes needless. It saves about 1-2 hours for operation per model on the average. Before the analytical method was applied, the operation time for orientation occupied 20-50 % of the total hour for plotting one model. They used the Wild Autograph A7 as the comparator at first, but now they have developed their own point transfer device and comparator to measure each photograph one by one.

8. As an example of the activities on this line, the ANNEXED TABLE gives a part of the experiences during one year. The table is reproduced from a report by a private surveying company. Because of the tendency that the mapping on large scale has been mainly done by private companies, the data on the table are confined to that on scale 1:5,000 which is on the smallest scale. The table shows that the analytical method has a peculiar feature that gives some discriminative data for the accuracy of the aerial triangulation: residual vertical parallaxes and discrepancies in the pass points of the adjacent models. They are new criteria for the judgement of the accuracy of which it is unable to take into account by the conventional old method. These criteria may give the analytical method a new chance for its future development.

9. It is felt that super wide angle camera may be suitable for the areas where a large number of control points may not be available. Thereby it will need a new plotting device for the aerial triangulation. Otherwise it may only be done by the analytical method. It is also felt that in such case the analytical method will serve as a new powerful means.

10. Topical Mapping. Some of the results of the surveys have been published as topical maps and photo-maps as shown in TABLE 1, each item of which will be described as follows.

(a) Land use maps have covered one third of the country to be used for the development of the Special Areas for Development designated by the Multi-purpose Land Development Law and redevelopment of urban or industrial areas and so on.

(b) Land classification map on scale 1:50,000 has been compiled for some sample areas based on the Country Research Law. The map is one of the most fundamental maps for land development and conservation showing land form classification, drainage pattern, slope gradient in mountainous areas etc.

(c) Maps for flood prevention on scale 1:25,000 showing detailed land form classification and heights in low alluvial plains and distribution of public facilities for flood prevention have been made in River Tone Basin mainly by photo-interpretation and some field works in close connection to the surveys on the subsidence of ground (paragraphs 11-17). They are used not only for flood prevention works but also for redevelopment works of the Tokyo metropolitan area.

(d) Lake charts on scale 1:10,000 showing the topography of lake basin with 50 cm. intervals of contour lines have been completed at two large lakes. Echo sounders have been used for the field survey. The chart is used not only for the multi-purpose water control planning (planning for flood control, irrigation, water supply for urban or industrial region), but also the land reclamation planning of lake basin.

(e) Photo-maps on scale 1:25,000 have been compiled for five new areas where industrial development is going on. It is a mosaic of aerial photographs with overlay showing land form types, land use pattern etc. It is very useful as the base map of city or regional planning until large scale maps are available.

11. Surveys for the subsidence of ground. The geological structure of our country is exceedingly complex in comparison with other countries. The destructive earthquakes and volcanic eruptions have frequently occurred with remarkable land deformations. In addition to those abrupt land deformations, the chronic movements of the crust are detected by the revision surveys of levelling and triangulation that the mountainous region still has the tendency of upheaval and the low land has that of subsidence. Most of industrial cities have been established and developed in low land on alluvial plain consisting of new sediments of sand, gravel, clay and organic matters, reaching from scores of meters to several hundred meters thick in total, for economical reasons, as well as topographic conditions, in our country. A quantity of water pumped up for the industrial use from the lower part of sediment layers has promptly increased with the development of the industries, and it brought about the rapid subsidence of ground. Consequently these cities are setting into serious crisis because of

TABLE 1. Topical Maps for Economic Development and Natural Resources Conservation in Japan

Kind of survey	Land use	Land classification	Land classification for flood prevention	Photo-geography	Lake survey
Start from	1951-	1953-	1959-	1961-	1955-
Areas	areas for multi-purpose development and regional planning, 336 sheets covering 1/3 of the country except Hokkaido. Hokkaido 2 sheets	sample areas in 13 sets 13 sets	island Nobi Plain 2 sheets Kanto Plain 11 sheets	urbanised areas newly industrialised areas Sendai, Toyama, Oita, Tokushima, Okayama (5 areas)	Lake Biwa 24 sheets Lake Kasumigaura 14 sheets
Expression	land use map " 1: 50,000 " 1: 25,000 " 1: 200,000	land classification map 1: 50,000 drainage and valley map key density map 1: 50,000 slope gradient map 1: 50,000 explanatory text	(Nobi plain) inundation and flood disaster map 1: 50,000 inundation type map 1: 50,000 ground heights map 1: 25,000 (Kanto plain) land classification for flood prevention map 1: 25,000 ground heights and public facilities map 1: 25,000 explanatory text	photo-map (land use) 1: 25,000 over-lay (land form type) 1: 25,000 explanatory text	lake chart 1: 10,000
	land use land conservation public facilities	land-form classification drainage pattern slope gradient classification	land-form classification of alluvial plain distribution of facilities for flood prevention	land-form classification land use contour line	contour line of lake basin bottom materials

accumulation of damages caused by flood or storm surge and ununiform subsidence of buildings. Similar problems were found in coal mining regions, that is, the large deformation caused by mining devastates its mountain and agricultural land.

12. The counter measures for the purpose of restoring these cities and preserving the land from artificial land damage should be done based on thorough investigations. In order to clear up the actual state and the mechanism of the subsidence of ground, a large number of phenomena must be observed, because of the complexity of the geological structure of our country. The indispensable items for the investigation are as follows:

- (a) Repetition of the precise levelling.
- (b) Continuous observation of height of the under-ground water level.
- (c) Continuous observation of the shrinkage of the ground layers.
- (d) Triangulation.
- (e) Tidal observation.
- (f) Investigation of geological structure by means of boring, physical prospecting, gravity measurement and aerial photographing.
- (g) Experimental studies of physical and chemical character of collected materials.
- (h) Topographical, geographical and geological investigations.

13. According to these investigations the actual states of the subsidence and deformation of ground have been clarified and the results are greatly useful for restoration and prevention from disaster at the present time. But the most important problem is how to serve them for the future development of land use and for this purpose the investigations are now going on in more extensive work scale, conducted.

14. Among those investigations, the levelling is the most practical work to be conducted.

15. For the case of Niigata District, where the subsidence of ground has been remarkable in recent years, the total area investigated amounts to about 1,600 sq. km. and the number of the first order and second order bench marks involved in the area where the periodical resurveying has been executed reaches to about 330 at the present time.

16. A five year program of relevening was planned in 1959 as shown in TABLE 2.

TABLE 2

Period	1st order B.M.	2nd order B.M.	Remarks
6 months	66 km.	183 km.	The survey is carried out every March and Sept.
1 year	133	286	Including the region repeated every 6 months
2 years	231	385	Including the regions repeated every 6 months and 1 year

17. For the purpose of checking the datum point in this area which is assumed to be fixed the precise levels were carried out along the route connecting two mareographic stations in 1958 and 1961. All investigations have been made collectively. Particularly, the radical investigation of the cause and mechanism of the subsidence of ground called "Cosmos Plan" was planned in 1958. As one of interesting items of this plan the simultaneous observation of the effects accompanying the intentional operation and stoppage of pumping up of under-ground water were carried out.

STATISTICAL ANALYSIS OF AERIAL TRIANGULATION FOR MAPPING (SCALE 1:5,000)

Through June 1961 - May 1962
ALMA & B. SURVEY CO., 1975

Name of Project	No. of Strips	Pl. Hgt. above Sea Level	Elev.	Camera	Method of Triang.	Res. Par. (Units: μ)	Net. p. error. at Par. pos. (Inch: 20 x sec)	Residual Errors	Ident. of Contr. Pts.				
				Le. m. f.	Inst. Pure Single, Block			Top Pts. (Units: m)	Center Pts. (Units: m)	Signal	French	Interp.	Source
KITATTA-TAMA	17	5,300	90-1,200	"	"	aver. 7 max. 37	aver. 0.02 0.34 0.94 max. 0.40 1.54 3.91	X.Y. 2 aver. 0.35 1.41 max. 2.93 5.30	X.Y. 2 aver. 1.06 1.42 max. 3.94 5.80	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	Forest
KUJIKUJIMA	6	5,300	100-1,400	"	Pure, Block	6	0.02 0.34 1.10 0.25 1.70 4.15	0.35 1.35 2.77 4.94	1.02 1.43 2.62 4.72	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	Forest
ZAG	14	5,300	100-1,900	"	Pure, Block	30	0.05 0.28 0.95 0.30 1.56 3.96	0.91 1.52 2.63 5.90	1.05 1.34 4.33 5.51	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	Forest
NESEKITA-TAMA	14	5,300	200-2,000	"	Pure, Block	7 46	0.01 0.27 0.95 0.13 1.34 3.79	0.92 1.74 2.91 5.86	1.22 1.03 3.59 3.11	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	Forest
MUJIKUJIMA	1	3,300	90-400	4x10 cm	Pure, Single				1.13 0.60 2.14 1.56	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	River
MIKASADA-TANI	3	2,300	100-600	"	Pure, Single	6 27	0.02 0.26 0.51 0.05 1.01 1.68		1.23 0.62 3.26 2.30	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	Land Planning
MIKASADA-TANI	5	3,000	0-700	"	Pure, Single	7 32			0.41 1.03 1.36 2.73	19 6 0 24 0 0 24 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	High Way
MIKASADA-TANI	5	3,000	100-300	"	Pure, Single	7 37	0.02 0.24 0.45 0.02 1.00 2.50		0.72 0.51 2.65 2.10	17 3 0 23 2 0 23 2 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	High Way
MIKASADA-TANI	5	3,000	70-300	"	Pure, Block	73	0.01 0.23 0.44 0.10 1.36 2.13	0.69 0.85 2.78 3.20	1.13 1.31 2.54 2.90	0 11 0 0 24 0 0 24 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	Dam
MIKASADA-TANI	3	3,300	400-300	"	Pure, Single	3 31	0.02 0.27 0.44 0.05 0.92 1.47	0.53 0.75 1.90 2.78	0.56 0.50 1.70 1.75	0 17 0 3 9 0 3 9 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	Exploitation
MIKASADA-TANI	2	3,300	70-300	"	Pure, Single	9 44	0.01 0.36 0.50 0.05 1.00 1.40		1.08 0.87 2.91 2.33	0 4 0 0 19 0 0 19 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	Dam
MIKASADA-TANI	4	3,000	60-1,200	"	Pure, Block	6 29	0.01 0.31 0.66 0.14 1.92 2.94	0.39 0.43 1.07 2.47	0.93 0.87 2.56 3.07	0 20 0 0 17 0 0 17 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	Electric Transmission
MIKASADA-TANI	4	3,300	20-1,150	"	Pure, Single	8 36	0.02 0.38 0.61 0.15 1.34 2.64	0.73 0.54 1.87 1.65	1.21 1.18 3.47 3.34	0 0 0 10 0 0 10 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	High Way
MIKASADA-TANI	1	3,300	130-700	"	Pure, Single	8 31			0.97 0.69 2.30 1.80	0 0 0 6 10 0 6 10 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	High Way

Explanation for Abbreviated Titles	Pl.	Height	Elev.	Triang.	Bas. Par.	Sectional Parallel
Discrep.						
Relative Discrepancies						
Ident. of Contr. Pts.						
Classification of Control Points						